



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Escuela Profesional de Toxicología

Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana

TESIS

Para optar el Título Profesional de Toxicóloga

AUTOR

Frescia Maria MADUEÑO VENTURA

ASESOR

Mesías Moisés GARCÍA ORTIZ

Lima, Perú

2017



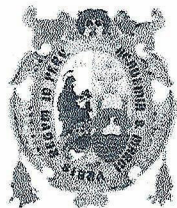
Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Madueño F. Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Toxicología; 2017.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica ✓
Decanato



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

76.
461.
Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS (PLOMO Y CADMIO) EN LECHUGA (*Lactuca sativa*) EN MERCADOS DEL CONO NORTE, CENTRO Y CONO SUR DE LIMA METROPOLITANA ✓

Que presenta la Bachiller en Toxicología: ✓

FRESCIA MARIA MADUEÑO VENTURA ✓

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

17 DIECISIETE (SOBRESALIENTE)

en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Toxicología y Título Profesional de Toxicólogo (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 02 de noviembre de 2017. ✓

Q.F. TOX. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez
Presidente

Dr. Mario Carhuapoma Yance
Miembro

Mg. José Antonio Llahuilla Quea
Miembro

Mg. Tania Torres Aguilar
Miembro



"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"



DEDICATORIA:

A Dios.

A mis padres: Jaime Madueño y Maria Ventura.

A mis hermanas: Cinthya Madueño y Claudia Madueño.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento al DR. MESÍAS MOISÉS GARCÍA ORTIZ, asesor de la tesis realizada.

Por su confianza, orientación, aporte profesional y apoyo para que el presente trabajo finalice.

A los señores miembros del Jurado Calificador y Examinador:

- ▶ Q.F. TOX. JESÚS VICTOR LIZANO GUTIÉRREZ (Presidente del Jurado)
- ▶ DR. MARIO CARHUAPOMA YANCE
- ▶ MG. JOSE ANTONIO LLAHUILLA QUEA
- ▶ MG. TANIA TORRES AGUILAR

Por sus sugerencias, aportes y recomendaciones que han permitido la mejora de la tesis

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por la formación profesional y personal recibida en sus aulas.

ABREVIATURAS

Codex alimentarius	Código de los Alimentos
AG	Ácidos Grasos
AESAN	Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición
As	Arsénico
Ca	Calcio
Cd	Cadmio
Cu	Cobre
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
EPA	Asociación de Protección Ambiental
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Fe	Hierro
Hg	Mercurio
IARC	Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer
IDA	Ingesta Diaria Admisible
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
IMTP	Ingesta Mensual Tolerable Provisional
ISTP	Ingesta Semanal Tolerable Provisional
JECFA	Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios
MINAM	Ministerio del Ambiente
Mn	Manganeso
Mod.	Modificado
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
N.D.	No detectado
NOAEL	Nivel sin efecto adverso observable
OMS	Organización Mundial de la Salud.
Pb	Plomo
Ppb	Partes por billón
Ppm	Partes por millón
Zn	Zinc

ÍNDICE

RESÚMEN

SUMMARY

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 HIPÓTESIS	2
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
II. GENERALIDADES	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Lechuga	5
2.2.1 Origen	5
2.2.2 Taxonomía	6
2.2.3 Morfología	6
2.2.4 Composición química	9
2.2.5 Composición Nutricional	9
2.2.6 Condiciones agroclimáticas del cultivo	10
2.2.7 Cosecha	12
2.3 Metales pesados	14
2.3.1 Cadmio	15
2.3.1.1 Propiedades fisicoquímicas	16
2.3.1.2 Fuentes y vías de exposición	16
2.3.1.3 Toxicocinética	17
2.3.1.4 Toxicodinamia	21
2.3.1.5 Manifestaciones clínicas	22
2.3.1.6 Tratamiento	23
2.3.1.7 Cadmio en aire, agua y suelos	24
2.3.1.8 Cadmio en plantas	25
2.3.1.9 Límites	28

2.3.2 Plomo.....	28
2.4.2.1 Propiedades fisicoquímicas.....	28
2.4.2.2 Fuentes y vías de exposición.....	29
2.4.2.3 Toxicocinética.....	30
2.4.2.4 Toxicodinamia.....	32
2.4.2.5 Manifestaciones clínicas.....	34
2.4.2.6 Tratamiento.....	37
2.4.2.7 Plomo en aire, agua y suelos.....	38
2.4.2.8 Plomo en plantas.....	39
2.4.2.9 Límites.....	40
III. PARTE EXPERIMENTAL.....	41
3.1 Recolección de muestras.....	41
3.2 Método analítico.....	44
3.3 Materiales, reactivos y equipos.....	45
3.4 Preparación de muestras.....	47
3.5 Análisis.....	47
IV. RESULTADOS.....	50
V. DISCUSIÓN.....	60
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII. RECOMENDACIONES.....	64
VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	65
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Diferentes variedades de lechuga.....	5
Figura N° 2 Raíz de lechuga en una plántula.....	7
Figura N° 3 Flores de lechuga.....	8
Figura N° 4 Semillas de lechuga.....	8
Figura N° 5 Lechugas recolectadas después de la cosecha.....	13
Figura N° 6 Dinámica de los Metales Pesados.....	14
Figura N° 7 Toxicocinética del Cadmio.....	20
Figura N° 8 Acumulación de Cadmio en cultivos vegetales de interés agrícola.....	26
Figura N° 9 Distribución del Plomo en el organismo.....	31
Figura N° 10 Modelo Biológico del Plomo.....	32
Figura N° 11 Correlación entre distintos niveles de plomo en sangre en el humano.....	37
Figura N° 12 Departamento de Lima.....	41
Figura N° 13 Curva de calibración para el Cadmio.....	48
Figura N° 14 Curva de calibración para el Plomo.....	49
Figura N° 15 Según lugar de origen.....	52
Figura N° 16 Concentración de Cadmio en cada mercado.....	53
Figura N° 17 Concentración de Cadmio en cada mercado comparado con el Nivel Máximo (OMS).....	54
Figura N° 18 Concentración de Plomo en cada mercado.....	55
Figura N° 19 Concentración de Plomo en cada mercado comparado con el Nivel Máximo (OMS).....	56
Figura N° 20 Concentración de Cadmio en lechugas según su origen.....	57
Figura N° 21 Comparación de media de concentración de Plomo.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Taxonomía de la lechuga.....	6
Tabla N° 2 Composición química de la lechuga.....	9
Tabla N° 3 Composición nutricional de la lechuga.....	10
Tabla N° 4 Descripción y caracterización de la toxicidad de metales pesados en suelos...	15
Tabla N° 5 Efectos del cadmio en plantas.....	27
Tabla N° 6 Curva de calibración para Cadmio.....	47
Tabla N° 7 Curva de calibración para Plomo.....	48
Tabla N° 8 Datos de cada mercado.....	50
Tabla N° 9 Determinación estadística de la concentración de Cadmio en lechugas según su origen.....	57
Tabla N° 10 Determinación estadística de la Concentración de Plomo en lechugas según su origen.....	58
Tabla N° 11 Comparación de la media estadística de la Concentración de Cadmio según el parámetro internacional (OMS) en lechuga por origen.....	59
Tabla N° 12 Comparación de la media estadística de la Concentración de Plomo según el parámetro internacional (OMS) en lechuga por origen.....	59

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio en la ciudad de Lima Metropolitana, para determinar los niveles de concentración de plomo y cadmio en lechuga (*Lactuca sativa L.*), variedad “crespa”. Los puntos de muestreo fueron 20 mercados ubicados en el Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima, los cuales fueron escogidos al azar, 5 mercados del Cono Norte (Puente Piedra, Comas, San Martín de Porres, Los Olivos, Independencia), 10 mercados del Centro (Rímac, La Victoria, Cercado de Lima, Breña, Jesús María, Barranco, Lince, Magdalena, Pueblo Libre, San Miguel) y 5 mercados del Cono Sur (Chorrillos, San Juan de Miraflores, Villa María del Triunfo, Villa el Salvador, Lurín), se tomaron 2 muestras por distrito, haciendo un total de 40 muestras, durante la recolección se preguntó en cada mercado el lugar de procedencia de la hortaliza. El método analítico utilizado para la cuantificación de estos metales fue el de absorción atómica. Las concentraciones de plomo en lechuga presentó una media de 1,279 ppm y cadmio una media de 0,084 ppm; la concentración de plomo a diferencia del cadmio supera el Nivel Máximo establecido por la OMS/FAO (Codex Alimentarius; Pb = 0,3 ppm; Cd = 0,2 ppm). En general, las lechugas de la Sierra acumulan más niveles de Pb y Cd que las de la Costa. Estos resultados evidencian la exposición de metales pesados en hortalizas y por ende su presencia en nuestra dieta diaria.

Palabras Clave: Plomo, Cadmio, Metales pesados, Contaminación de hortalizas, Hortaliza de hoja, *Lactuca sativa*.

SUMMARY

A study was carried out in the city of Lima Metropolitana to determine levels of lead and cadmium in lettuce (*Lactuca sativa* L.), "crespa" variety. Sampling points were 20 markets located in the North Cone, Center and Southern Cone of Lima, which were chosen at random, 5 markets of the Northern Cone (Stone Bridge, Comas, San Martín de Porres, Los Olivos, Independencia), 10 markets of the Center (Rímac, La Victoria, Cercado de Lima, Breña, Jesús María, Barranco, Lince, Magdalena, Pueblo Libre, San Miguel) and 5 markets of the Southern Cone (Chorrillos, San Juan de Miraflores, Villa María del Triunfo, Villa El Salvador, Lurín), 2 samples were taken per district, making a total of 40 samples, during the recollection, in each market was questioned the origin's place of vegetable. The analytical method used for the quantification of these metals was the atomic absorption. The concentrations of lead in lettuce had a mean of 1.279 ppm and cadmium an average of 0.084 ppm; the concentration of lead as opposed to cadmium exceeds the maximum level established by the WHO / FAO (Codex Alimentarius, Pb = 0.3 ppm, Cd = 0.2 ppm). In general, the lettuces of the Sierra accumulate more levels of Pb and Cd than those of the Coast. These results evidenced the exposure of heavy metals in vegetables and therefore their presence in our daily diet.

Key Words: Lead, Cadmium, Heavy metals, Contamination of vegetables, Leafy vegetables, *Lactuca sativa*.

I. INTRODUCCIÓN

Las hortalizas son indispensables en nuestra alimentación, contienen una mezcla de nutrientes que aportan poca energía, ricas en fibra, vitaminas y minerales, consumidos para satisfacer las necesidades de nuestro organismo.

La tendencia de consumo de hortalizas de hoja como la lechuga, exigen productos de calidad, inocuos y libres de agroquímicos. La lechuga es una hortaliza conocida y popular en nuestro país, tiene importancia en la Costa Central debido a las buenas condiciones que se presentan para su cultivo, prefiriendo los climas templados y húmedos, con variedades mejor o menos adaptadas a distintos periodos del año. Su frecuencia de consumo es de 1 a 3 veces por semana, siendo mayor en temporada de verano. Según un estudio de mercado realizado el año 2013, existe gran preferencia por el consumo de la variedad crespa o también llamada orgánica.

El desarrollo de la revolución industrial y las actividades antropogénicas, como la agricultura, la industria, la vida urbana, entre otros; han aumentado la exposición y biodisponibilidad de metales pesados en suelos, agua y aire. El Plomo, es considerado como un agente contaminante común y muy peligroso, deriva de desechos de minas, fundiciones e industria; el Cadmio, metal ampliamente utilizado en la industria, liberado al ambiente como subproducto de la extracción de cobre, hierro y zinc, es considerado un metal emergente, el cual puede devenir un peligro a la salud a largo plazo.

Algunos vegetales han desarrollado mecanismos altamente específicos para absorber, translocar y acumular metales pesados del suelo, de esta forma es como

ingresa a la cadena trófica. Estudios en el exterior han demostrado que la lechuga es capaz de absorber grandes cantidades de Plomo (Pb) de suelos contaminados, así como translocar la mayor cantidad de Cadmio (Cd) absorbido a los brotes de lechuga, comparado con otras especies.

Por lo expuesto, el presente estudio determinara las concentraciones de metales pesados, Plomo (Pb) y Cadmio (Cd), presentes en lechuga comercializados en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana.

1.1 HIPÓTESIS

La lechuga (*Lactuca sativa*) presenta concentraciones de plomo y cadmio que exceden los Límites Máximos Permisibles según la OMS/FAO.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la concentración de plomo y cadmio en lechuga (*Lactuca sativa*) distribuidos en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la concentración de plomo en lechuga.
2. Determinar la concentración de cadmio en lechuga.
3. Verificar si la concentración de plomo en lechuga se encuentra dentro del Límite Máximo Permisible según OMS.
4. Verificar si la concentración de cadmio en lechuga se encuentra dentro del Límite Máximo Permisible según OMS.

II. GENERALIDADES

2.1 ANTECEDENTES

“La agricultura es la actividad que utiliza un mayor volumen de agua, más de las dos terceras partes de la que proporcionan los ríos, lagos y acuíferos del planeta. En muchos países, la competencia entre la agricultura, la industria y los núcleos urbanos por los recursos hídricos está limitando las iniciativas de desarrollo. Las industrias, las ciudades y la agricultura permiten que el agua sea contaminada y, aunque un cierto grado de polución es inherente a la utilización misma del agua, grandes cantidades de este recurso se pierden por efecto de una contaminación irre recuperable”. (1).

“Según el clima, las especies cultivadas y la intensidad de cultivo, el volumen de agua utilizado para el riego oscila entre 2 000 y 20 000 m³/Ha/año. Teniendo en cuenta que existen amplias variaciones debidas al clima y a la estación, puede estimarse de forma aproximada que el «agua azul» aporta la mitad de la humedad absorbida por los cultivos. Esta es una estimación de la media mundial; en las regiones muy áridas, toda la humedad del suelo absorbida por la planta se suministra por medio del riego”. (1).

“La agricultura urbana tiene numerosas ventajas cuando se practica de modo apropiado y en condiciones seguras. Sin embargo, esta solución lleva en sí riesgos para la salud humana y el ambiente que no se observan comúnmente cuando se utilizan suelos agrícolas tradicionales. Uno de los riesgos para la salud es el paso de sustancias tóxicas, como por ejemplo metales pesados, a los alimentos cultivados en zonas urbanas, por la absorción de los mismos de suelos, aire o agua contaminados”. (2).

“La capacidad de las plantas para bioacumular metales y otros posibles contaminantes varía según la especie vegetal y la naturaleza de los contaminantes. El comportamiento de la planta frente a los metales pesados depende de cada metal”. “La lechuga es una planta capaz de absorber grandes cantidades de Pb de suelos que se encuentren altamente contaminados”. (3), (4).

“Las hortalizas al aportar variedad y sabor a otros alimentos, son diversas en tamaño, forma y estructura, y pueden ser comestibles cualquier parte de la planta, desde la raíz hasta las yemas. La evolución y los cruces de especies han dado como resultado su diversidad; dados estos factores y las diferentes condiciones climáticas y ambientales existentes, las hortalizas son cultivadas en campos, huertos e invernaderos alrededor del mundo”. (5).

“En Grecia, muestras vegetales (espinaca, puerro, repollo, lechuga, cebolla, coliflor, apio, remolacha, zanahoria y endivia) tomadas de suelos rurales e industriales mostraron el impacto causado por la actividad industrial en contaminación de estos alimentos por metales pesados. No cabe duda que este es uno de los principales factores que contribuyen a la incorporación de estos contaminantes en aguas, aire y suelos.” (6).

“En Colombia, los metales pesados (Hg, As, Cd y Pb) afectan la población a la expuesta que habita en las riberas del río. El agua es empleada para regadío, lo que promueve la movilidad de los metales a suelos y plantas tales como lechugas, repollo y brócoli, entre otras utilizadas para consumo humano.” (7).

“En Cuba, las concentraciones de metales pesados (Pb y Cd) fueron mayores o iguales que 0,05 y 0,22 ppm En hortalizas (zanahoria y espinaca), respectivamente, las cuales se encuentran por debajo de los límites permisibles establecidos por la normativa europea.”(8).

“En Lima se reportó contaminación por Cd, Cr, Pb, y As en las aguas de regadío, sin sobrepasar los límites permitidos en el Perú, pero con el concomitante peligro de bioacumulación en las hortalizas cultivadas, por lo que no se recomienda su consumo, pero si su uso como bioacumuladores para remediación ambiental.” (9).

“La Organización Mundial de la Salud (OMS) y algunas autoridades ambientales, han establecido niveles de riesgo en función de la concentración de metales en aguas de consumo humano y alimentos. Se realizaron mapas en algunas regiones del mundo, en el que se muestra un importante incremento en la concentración por encima de los límites establecidos, que las clasifica como de alto riesgo.” (10).

2.2 LECHUGA

2.2.1 ORIGEN

El origen de la lechuga es bastante antiguo, originaria de Asia Menor, de la costa sur del Mediterráneo, y fue domesticada, probablemente, en Egipto. Algunos autores creen que procede de la India. De Egipto pasó a Grecia y es mencionada en escritos de Sócrates (450 a. C.), Aristóteles (356 a. C.), Teofrasto (332 a. C.) y Dioscórides (60 a. C.). La lechuga silvestre, es nativa de la extensa región del Asia Menor, Turquestán, Transcaucasia e Irán, por lo que coligen que la lechuga cultivada era habitualmente sembrada en toda la región. (11), (12), (13).

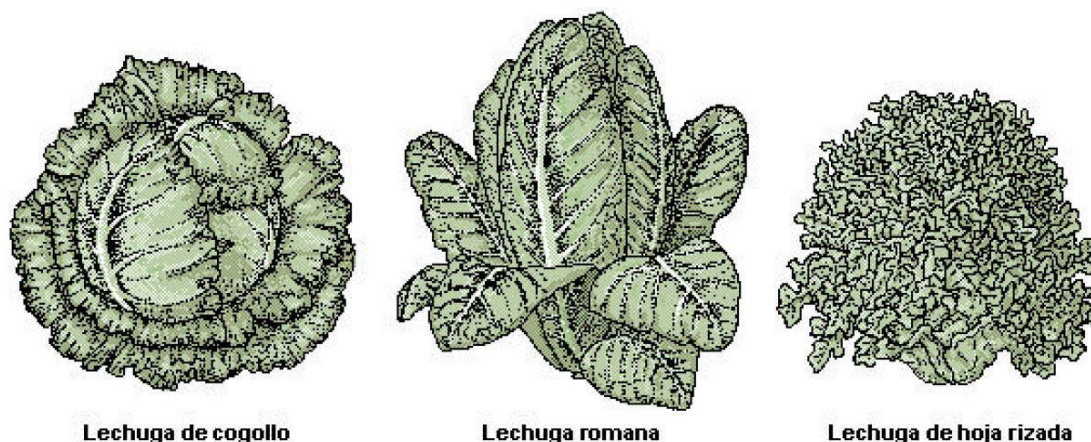


FIGURA N°1. *Diferentes variedades de Lechuga (95)*

Después del proceso de domesticación, la lechuga se dispersó rápidamente por la hoya del Mediterráneo y posteriormente a Europa Occidental. El relato más antiguo de su cultivo en América es de 1494. Los italianos llevaron especies en proceso de domesticación y seleccionaron las de tipo romano que se caracterizan por tener hojas sueltas en forma de lanza; allí fue tan apreciada que su nombre proviene de un italiano ilustre llamado Lactuccini. (11), (12).

La lechuga, es el nombre común de las plantas de un género de herbáceas de la familia de las Compuestas (Compositae); las variedades de lechuga más conocidas son: *capitata*, la cultivada de cogollo; que forma una cabeza parecida a la de la col; *crispa*, la de hoja rizada, que produce hojas separadas; *longifolia*, la romana que forma un cogollo de 20-30 cm de longitud; y *asparagina*, donde el tallo es comestible y las hojas tienen sabor desagradable. (14).

2.2.2 TAXONOMÍA

Reino	Plantae
División	Espermatofita
Clase	Angiosperma
Subclase	Dicotiledónea
Orden	<i>Asterales</i>
Familia	Compositae(<i>Asteraceae</i>)
Género	<i>Lactuca</i>
Especie	<i>Sativa</i>
Variedad Botánica	<i>Capitata</i> (lechugas de cabeza, lisa o mantequilla) <i>Longifolia</i> (Romana o cos) <i>Inybabacea</i> (lechugas de hoja o foliares)

Tabla N° 1. Taxonomía de la lechuga. (15)

2.2.3 MORFOLOGÍA

La lechuga es una planta de cabeza paniculada y flor amarilla. El ovario es unicelular y su único óvulo madura en semilla. Dependiendo del tipo de hoja, se presentan dos variedades botánicas: las lechugas de hoja suelta y las lechugas de cabeza. El tipo de hoja suelta corresponde a la variedad botánica *Crispa* y el tipo de cabeza a la variedad *Capitata*. (15), (13).

Todas las variedades de la lechuga doméstica pertenecen a la especie *Lactuca sativa* L.; en la familia compuesta se incluyen los *Helianthus* o girasoles; *Sonchus* o cerraja; *Taraxacum* o diente de león; *Cichorium* o escarola; *Tragopagon* o salsifí y *Cynara* o alcachofa. (13).

Raíz

La raíz principal es pivotante, corta, puede penetrar a una profundidad de 30 centímetros, con pequeñas ramificaciones; crece muy rápido, con abundante látex, tiene numerosas raíces laterales de absorción, las cuales se desarrollan en la capa superficial del suelo con una profundidad de 5 a 30 cm. (13).



Figura N° 2. Raíz de lechuga en una plántula. (13)

Tallo

El tallo es pequeño, muy corto, cilíndrico y no se ramifica cuando la planta está en el estado óptimo de cosecha; sin embargo, cuando finaliza la etapa comercial, el tallo se alarga hasta 1,2 m de longitud, con ramificación del extremo y presencia, en cada punta, de las ramillas terminales de una inflorescencia. (16).

Hojas

Las hojas de la lechuga son lanceoladas, oblongas o redondas, el borde de los limbos es liso, lobulado, ondulado, aserrado o dentado, lo cual depende de la variedad. Su color es verde amarillento, claro u oscuro; rojizo, púrpura o casi morado, dependiendo del tipo y el cultivar. (12).

Flores

Las flores están agrupadas en capítulos dispuestos en racimos o corimbos, compuestos por 10 a 25 floretes. El florete tiene pétalos periféricos ligulados, amarillos o blancos. Los interiores presentan corola tubular de borde dentado. El androceo está formado por cinco estambres adheridos a la base de la corola, con presencia de cinco anteras soldadas que forman un tubo polínico, que rodea el estilo. El cáliz es filamentososo y al madurar, la semilla forma el papus o vilano, que actúa como órgano de diseminación anemófila, o sea, por el viento. Los pétalos son soldados (gamosépalos). (13), (16), (17).



Figura N° 3. Flores de lechuga. (13)

Semillas

Hay aproximadamente 800 semillas por gramo en la mayoría de las variedades de lechuga y se puede adquirir como semillas peletizadas. Las semillas peletizadas mejoran la forma, el tamaño y la uniformidad de la semilla para tener plántulas más homogéneas y fácil de manipular, consisten en semillas cubiertas por una capa de material inerte y arcilla. Una vez que el pellet absorbe agua, se rompe y se abre permitiendo el acceso inmediato de oxígeno para una germinación mejor y más uniforme.. El tamaño aproximado es de 3.25 a 3.75 mm de ancho. (16).



Figura N° 4. Semillas de lechuga. (13)

2.2.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA

En el siguiente cuadro se presenta el valor nutricional de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) por cada 100 gramos de materia seca. (Ver Tabla N° 2).

Tabla N° 2. Composición química de la lechuga. (18)

Energía	17 kcal	Sodio	10 mg
Agua	95 ml	Potasio	240 mg
Proteína	1,5 gr	Fosforo	30 mg
Hidratos de C.	1,4 gr	Vit. A	29 (ug Eq retinol)
Fibra	1,5 gr	Beta-caroteno	172 ug
Grasas	0,6 gr	Vit. B1	0,06 mg
Calcio	35 mg	Vit. B2	0,07 mg
Hierro	1,0 mg	Vit. C	12 mg
Iodo	0,2 ug	Vit. E	0,5 mg
Magnesio	6 mg	Niacina	0,7 ug
Zinc	0,23 mg	Folatos	34 ug

2.2.5 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

El valor nutricional de la lechuga se resalta por el contenido de minerales y vitaminas. Es una fuente importante de calcio (40 mg), hierro (0,6 mg), vitamina A (29 ug), vitamina C (12 mg), proteína (1,5 g), y niacina (0,6 mg). El contenido nutricional tiene similitud con otras hortalizas, como el apio, el espárrago y el habichuelín o ejote. Dado su bajo valor calórico, se ha tornado en ingrediente básico en las dietas alimenticias. (Ver Tabla N°3). (13).

El aporte de calorías de esta hortaliza es muy bajo, mientras que en vitamina C es muy rica; las hojas exteriores tienen más cantidad de esta vitamina que las interiores. También resulta una fuente importante de vitamina K; por lo tanto, protege de la osteoporosis. Otras vitaminas que destacan en la lechuga son la A, la E y el ácido fólico. Así mismo, aporta mucho potasio y fósforo y está compuesta en un 94% de agua. (19).

Tabla N° 3. Composición nutricional de la lechuga. (18)

	Por 100 g de porción comestible	Por ración (100 g)
Energia (kcal)	17	13
Proteínas(g)	1,5	1,1
Lípidos totales (g)	0,3	0,2
AG saturados (g)	0,039	0,03
AG monoinsaturados (g)	0,012	0,01
AG poliinsaturados (g)	0,16	0,12
Colesterol	0	0
Hidratos de carbono (g)	1,4	1,0
Fibra (g)	1,5	1,1
Agua (g)	95,3	160
Calcio (mg)	40	29,6
Hierro (mg)	0,6	0,4
Yodo (ug)	5	3,7
Magnesio (mg)	12	8,9
Zinc (mg)	0,3	0,2
Sodio (mg)	9	6,7
Potasio (mg)	240	178
Fósforo (mg)	30	22,2
Selenio (ug)	1	0,7
Tiamina (mg)	0,06	0,04
Riboflavina (mg)	0,06	0,04
Equivalentes niacina (mg)	0,6	0,4
Vitamina B₆ (mg)	0,07	0,05
Fosfatos (ug)	34	25,2
Vitamina B₁₂ (ug)	0	0
Vitamina C (mg)	12	8,9
Vitamina A: Eq. Retinol (ug)	29	21,5
Vitamina D (ug)	0	0
Vitamina E (mg)	0,5	0,4

2.2.6 CONDICIONES DE CULTIVO

Temperatura

El clima óptimo para el cultivo esta en las alturas entre 1800 y 2400 msnm, con temperaturas entre 15 y 18°C. Algunas variedades son más tolerantes al frio, el cual ha permitido ampliar este rango óptimo hasta los 2700 msnm. (13).

La temperatura de germinación de la semilla oscila entre 20 y 26 °C, con óptimas de 24 °C. Bajo estas condiciones las plántulas emergen en dos a cuatro días. Para los materiales de clima frío y frío moderado, durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14 y 18 °C con máximas de 24 °C y mínimas de 7 °C, pues para la formación de cabezas la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche ^[19]; si se presentan temperaturas por debajo de 7 °C, durante 10 a 30 días, hay emisión prematura de tallos florales. Las temperaturas altas, por encima de los 24 °C, aceleran el desarrollo del tallo floral y la calidad se afecta rápidamente con el calor, debido a la acumulación de látex en los tejidos. (13), (15), (16), (19).

Cuando la lechuga soporta temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna deficiencia nutricional. (19).

En las condiciones de clima tropical la lechuga se desarrolla mejor durante las épocas del año en que las temperaturas son moderadas. El desarrollo de la especie tiene dos etapas: la vegetativa y la reproductiva. Cultivares que generalmente producen bien en climas suaves, cuando son sembrados en el trópico, con temperaturas elevadas, florecen prematuramente, antes de completar la etapa vegetativa. Este es un carácter indeseable que compromete la producción de lechuga y deteriora su calidad, debido a la rápida acumulación de látex, responsable del sabor amargo. (11).

Las variedades de lechuga se pueden desarrollar para temperaturas suaves (15 a 20 °C) o para condiciones de altas temperaturas (mayores de 20 °C). Estas variedades tienen comportamiento diferencial de acuerdo con la temperatura de la región donde son sembradas. Por lo tanto, para las condiciones tropicales es más aconsejable producir variedades que soporten altas temperaturas porque dichas variedades se comportan de manera similar, en cuanto a la formación de cabeza, en regiones con temperaturas suaves o altas. (11).

Humedad relativa

El sistema radicular de la lechuga es muy reducido haciéndolo sensible a la falta de humedad y soporta mal un periodo de sequía, por breve que sea. La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%; la alta humedad causa problemas porque favorece el ataque de enfermedades como el moho blanco, moho gris y el mildew veloso. (15), (19).

Luminosidad

La lechuga es una planta anual que bajo condiciones de fotoperiodo largo (más de 12 horas luz), acompañado de altas temperaturas (mayores de 26 °C), emite el tallo floral; al respecto son más sensibles las lechugas foliares que las de cabeza. En cuanto a la intensidad de la luz, el cultivo es exigente en alta luminosidad para un mejor desarrollo del follaje en volumen, peso y calidad, dado que estas plantas exigen mucha luz y se ha comprobado que su escasez causa que las hojas sean delgadas y que en múltiples ocasiones las cabezas sean flojas y poco compactas. Se recomienda considerar este factor para establecer una densidad de población adecuada y para evitar el sombreado de plantas entre sí. No es conveniente sembrar en épocas de invierno, con alta nubosidad y poca radiación solar. (16).

2.2.7 COSECHA

La planta de lechuga se encuentra lista para la cosecha cuando se ha formado la roseta de hojas o el repollo; su tiempo de corte está relacionado con el estado de maduración y esta dependerá de la variedad y las condiciones climáticas durante el crecimiento. (20).

Es aconsejable realizar la cosecha en las primeras horas de la mañana, cuando las hojas se encuentren hidratadas y turgentes. La recolección se realiza manualmente cortando a ras del suelo con un cuchillo afilado; se eliminan las hojas viejas, amarillas, hojas con suciedades, las que presenten pudrición o daño por plagas o enfermedades; para obtener un producto limpio, sin residuos de tierra. Las cabezas se deben almacenar a la sombra, en un lugar fresco, en canastillas plásticas. La exposición directa al sol aumenta la pérdida de la respiración y el agua, lo que resulta en el marchitamiento y deterioro de las cabezas. También se debe evitar la recolección de cabezas mojadas por la lluvia o el rocío porque tienden a descomponerse rápidamente durante el transporte y la comercialización. (13).



Figura N° 5. Lechugas recolectadas después de la cosecha. (13)

Es recomendable verificar, a medida que se realiza la cosecha, la calidad del producto. Después de eliminar las hojas exteriores, la lechuga debe presentar un color verde brillante, con hojas crujientes y túrgidas. (13).

Dependiendo del tipo de lechuga, la cosecha comienza entre 35 y 50 días después del trasplante, para conservar la calidad de la lechuga desde el campo hay que tener en cuenta los procesos metabólicos (respiración, transpiración, la producción de etileno). El adecuado control de la temperatura durante el almacenamiento de frutas y hortalizas puede inactivar o retardar los defectos fisiológicos. Dicho control es una de las herramientas principales para disminuir el deterioro en poscosecha. Las bajas temperaturas disminuyen la actividad enzimática y microorganismos responsables del deterioro, reducen el ritmo respiratorio, retardan la madurez y reducen el déficit de presión de vapor entre el producto y el ambiente, lo que disminuye la pérdida de agua por transpiración. (21), (22).

Después de la cosecha y transporte al centro de acopio, la lechuga se debe preenfriar inmediata y rápidamente. La temperatura de almacenamiento es aquella en la cual la intensidad del metabolismo natural se reduce a un mínimo grado. La vida en poscosecha de la lechuga está directamente relacionada con la temperatura de almacenaje. (23), (24).

2.3 METALES PESADOS

Se considera metal pesado a aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5 g/cm³ cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo los metales alcalinos y alcalino-térreos) y por sus efectos tóxicos, se incluyen a subgrupos químicamente parecidos, elementos más ligeros como el aluminio, el berilio y metaloides como el arsénico, selenio y antimonio. (25), (26).

En el suelo, los metales pesados como iones libres, pueden quedar retenidos en el mismo pero también pueden ser movilizados en la solución del suelo mediante diferentes mecanismos biológicos y químicos, pero en los últimos años se ha presentado una acumulación antropogénica por las actividades industriales, agrícolas y la disposición de residuos de todo tipo; estos se redistribuyen y reparten lentamente entre los componentes de la fase sólida del suelo. Dicha redistribución se caracteriza por una rápida retención inicial y posteriores reacciones lentas, dependiendo de las especies del metal, propiedades del suelo, nivel de introducción y tiempo. (28), (29), (30). (Ver Figura N°6).

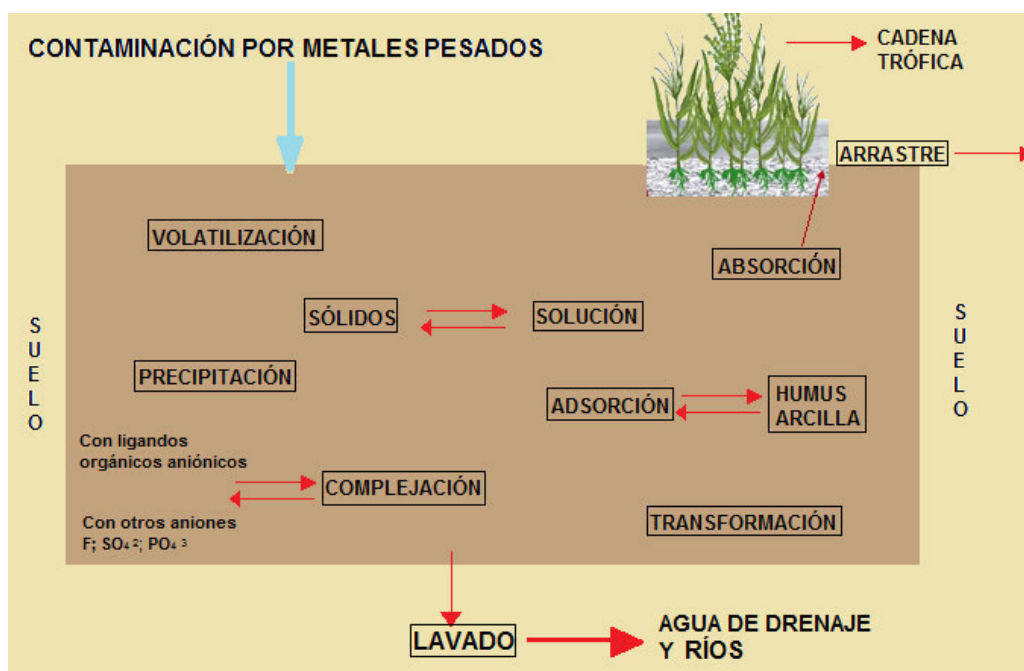


Figura N° 6. Dinámica de Metales Pesados. (30)

Entre los metales pesados tóxicos más destacados están (Ver Tabla N° 4) :

Tabla N° 4. Descripción y caracterización de la toxicidad de metales pesados en suelos.

(31)

Metal	Origen antrópico	Concentración normal (mg/kg)	Efectos tóxicos en seres humanos
Cd	Lodos y efluentes industriales, fertilizantes, precipitación radioactiva y disposición de residuos radioactivos.	0.1-10	Carcinogénico, posible causante de la enfermedad de Itai-Itai
Cu	Residuos industriales, aditivos alimentarios, fertilizantes, abonos, lodos y efluentes, deposición de material particulado.	1-50	Vómitos, náuseas, mareos, daño hepático
Pb	Gasolina, deposición de material particulado, residuos industriales, fundiciones, disposiciones de lodos. Efluentes de alcantarillado y fertilizantes.	1-20	Acumulable y tóxico
Zn⁺	Fertilizantes, lodos y material particulado de origen industrial.	10-300 1-900	Relativamente inocuo

2.3.1 CADMIO

El cadmio es un elemento no esencial, poco abundante en la corteza terrestre y a bajas concentraciones puede ser tóxico para todos los organismos vivos, se obtiene como subproducto del procesamiento de metales como el zinc (Zn) y el cobre (Cu). Se acumula en el ambiente como resultado de las actividades industriales que involucran la fabricación de baterías níquel-cadmio, la quema de combustibles fósiles, la generación de polvos por el proceso de fabricación de cemento y fertilizantes fosfatados. (32).

2.3.1.1 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

El Cadmio, de símbolo Cd, elemento metálico blanco plateado y maleable. Su número atómico es 48; es uno de los elementos de transición del grupo 12 (o II b) del sistema periódico. (45).

El elemento ocupa el lugar 65 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre en una concentración promedio de 0.1 mg/kg, su masa atómica es 112,40. (45).

Tiene un punto de fusión de 321°C, un punto de ebullición de 765°C y una densidad de 8,642 g/cm³. (45).

Su presión de vapor es relativamente alta, por lo que pasa fácilmente al estado de vapor y, en este estados, se oxida rápidamente produciendo oxido de cadmio que permanece en el aire. (46).

Su solubilidad es muy dependiente del pH, a valores de pH mayores a 7.5 el cadmio contenido en el suelo es muy poco móvil, por lo tanto la solubilidad del CdCO₃ y posiblemente la del Cd₃(PO₄)₂ son las que controlan la movilidad del cadmio en el suelo; a pH 4,5 y 5,5 es más móvil. (45).

2.3.1.2 FUENTES Y VÍAS DE EXPOSICIÓN

El cadmio (Cd) en el medio ambiente puede provenir de fuentes naturales y antropogénicas. (32).

Fuentes naturales

Actividad volcánica, pueden aportar grandes cantidades de cadmio a la atmosfera que se diseminan como consecuencia de la acción del viento, siendo una de las principales causas de contaminación. (32).

Desgaste geológico. Debido a la descomposición del suelo, se encuentran en rocas combinado con otros elementos (tales como zinc, azufre). (32).

Fuentes antropogénicas

Emisiones atmosféricas. Se originan a partir de las minas metalúrgicas, ya que el cadmio se extrae como subproducto del Pb, Zn, Cu y otros metales, las incineradoras municipales, y emisiones industriales procedentes de la producción de pigmentos para cristales, anticorrosivos, baterías de Ni/Cd, e insecticidas. (33).

Depósitos directos. El uso de fertilizantes fosfatados es la principal fuente de contaminación de Cd en suelos agrícolas. Otra fuente de Cd la constituyen los fangos procedentes de aguas residuales que se utilizan en agricultura. (33).

Contaminación accidental. Ocurre eventualmente debido a la contaminación de tierras por procesos industriales, residuos de la minería y corrosión de estructuras galvanizadas. Un ejemplo son los vertidos de Aznalcóllar que tuvieron lugar en 1998, en la provincia de Sevilla, como consecuencia de la rotura de una balsa que contenía concentraciones elevadas de metales pesados procedentes de una mina de esta localidad. (33).

2.3.1.3 TOXICOCINÉTICA

El contenido corporal de cadmio se incrementa con la edad hasta los 50 años. En los adultos, la carga corporal de cadmio puede llegar a 40 miligramos, dependiendo de la situación geográfica y sobretodo del hábito de fumar, pues en un fumador la carga alcanza el doble. (34).

Absorción

La vía principal de absorción del cadmio es la respiratoria, una vez en la sangre, entre el 90% y 95% se encuentre dentro de los eritrocitos y se fija a la hemoglobina y a la metalotioneína, una proteína de bajo peso molecular rica en grupos sulfhidrilos (SH) siendo este el “medio de transporte” del cadmio en el plasma sanguíneo. Las partículas de cadmio depositadas en la nasofaringe, tráquea y bronquios son transportadas por mecanismo mucociliar a la faringe, desde donde son parcialmente ingeridas. (34).

La absorción por el tracto gastrointestinal es de aproximadamente 50%. La dieta deficiente en Ca, Fe o proteína incrementa la velocidad de su absorción, en la sangre encontramos

aproximadamente 0,06% del contenido corporal de Cd y más del 50% está en los hematíes unido inestablemente a la metalotioneína. (34).

La absorción percutánea ocurre solamente por contacto con los compuestos orgánicos del cadmio. (34).

Distribución

En condiciones “normales” de distribución, el cadmio absorbido se excreta principalmente por orina y en menor cantidad con la bilis, aunque pequeñas porciones puedan eliminarse con sudor, pelo y aún secreción gastrointestinal, pero el Cd que sale con heces en su mayor parte es el que no se absorbió. (36).

Metabolismo y Excreción

El complejo metalotioneína-cadmio se filtra a través de los glomérulos a la orina primaria. Al igual que en el caso de otras proteínas y aminoácidos de bajo peso molecular, las células de los túbulos proximales reabsorben el complejo metalotioneína-cadmio de la orina primaria; en estas células, las enzimas digestivas degradan las proteínas en péptidos de menor tamaño y aminoácidos. Los iones de cadmio libres que se liberan tras la degradación de la metalotioneína inician una nueva síntesis de metalotioneína, que se une al cadmio y protege a la célula de los efectos sumamente tóxicos de los iones libres de cadmio. Se piensa que cuando se supera la capacidad de producción de metalotioneína en las células de los túbulos, se produce la insuficiencia renal. Los riñones y el hígado presentan las concentraciones de cadmio más elevadas, puesto que contienen cerca del 50% de la carga corporal de cadmio. La concentración de cadmio en la corteza renal, antes de que se produzcan lesiones renales inducidas por este metal, es aproximadamente 15 veces superior a la concentración hepática. (36).

El cadmio atraviesa la barrera placentaria fácilmente, induciendo allí la síntesis de metalotioneína, con la que forma el complejo cadmio-metalotioneína, que se acumula progresivamente en la placenta durante el embarazo, actuando como mecanismo protector frente al transporte de cadmio al feto. Al término del embarazo, la concentración de cadmio en la placenta es aproximadamente 10 veces más que en la sangre materna. (34).

El aclaramiento sanguíneo del Cd es rápido, se acumula principalmente en el riñón y en adultos no expuestos llega a valores entre 7,4 y 8,8 mg, lo que representa entre 30% y 50% de su contenido corporal. La concentración en la corteza renal es 1,5 veces mayor que la del riñón total y se fija en las células del túbulo proximal. El hígado de adultos no expuestos tiene en promedio 2,7 mg de cadmio. (36).

La acumulación de Cd en riñón e hígado depende de la intensidad, del tiempo de exposición y del estado óptimo de la función de excreción renal. En ambos casos se ha encontrado incremento con la edad. Después de sobreexposición alcanza concentraciones elevadas en el hígado; pero con el tiempo el metal se localiza en el riñón. Se ha descrito también que las concentraciones renales de zinc se incrementan al aumentar las de cadmio y que la capacidad de almacenamiento de la corteza es limitada a 300 $\mu\text{g/g}$. (36).

La eliminación del cadmio es muy lenta y por ello se acumula en el organismo, aumentando su concentración con la edad y el tiempo de exposición. Tomando como base la concentración en un mismo órgano a diferentes edades, se ha calculado que la semivida biológica del cadmio en el hombre oscila entre 7 y 30 años. (36).

El cadmio tiene una semivida de eliminación muy larga, unos 15 años. La mayor parte se deposita en el hígado y en los riñones, y se elimina esencialmente por la vía renal, intestinal y por las faneras. (36). (Ver Figura N^a7).

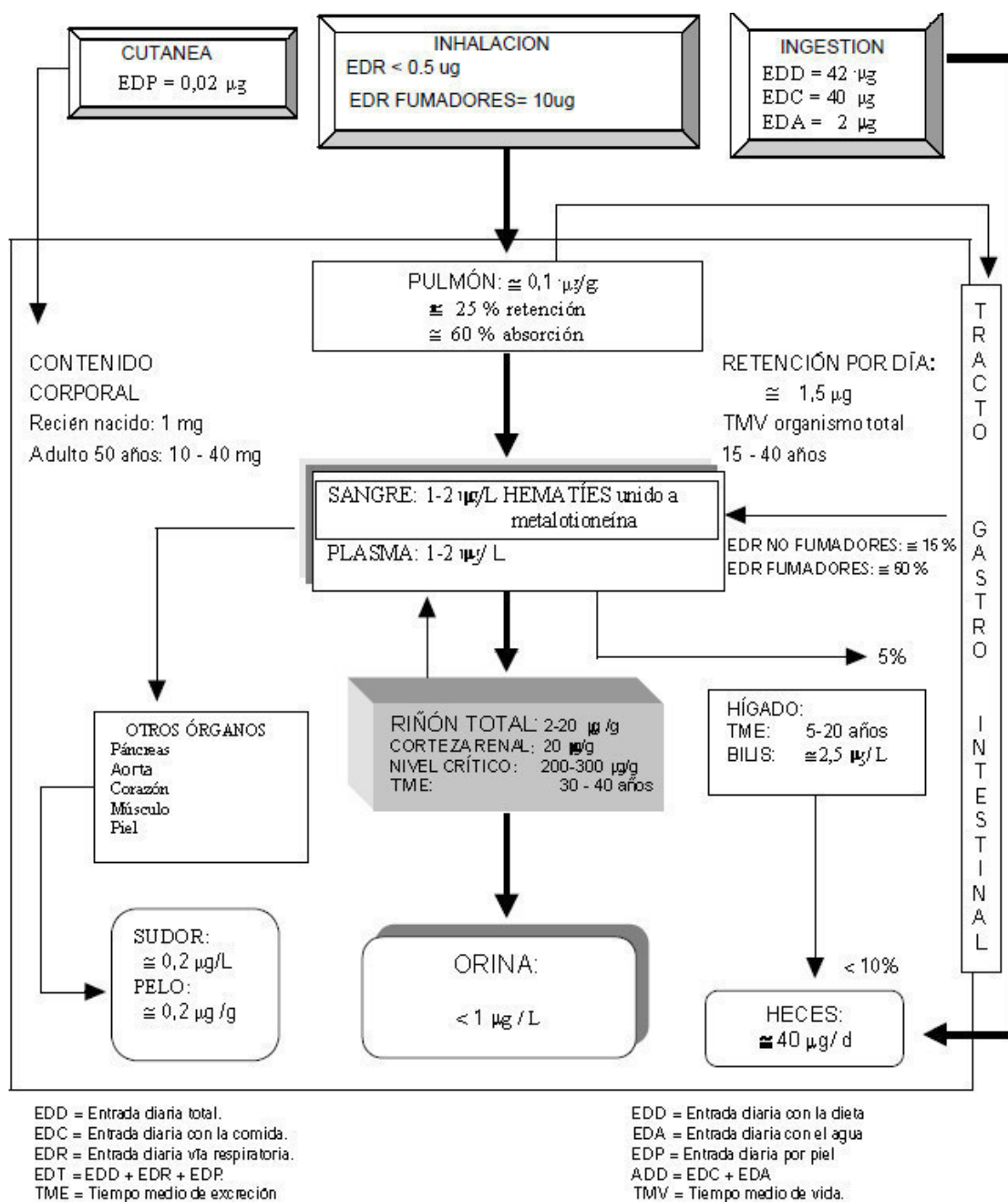


Figura N° 7. Toxicocinética del Cadmio. (36)

2.3.1.4 TOXICODINAMIA

Los metales por su gran afinidad a grupos amino y sulfhídricos reaccionan con estos formando complejos que van a afectar el control de las reacciones metabólicas, por inhibición de las actividades enzimáticas. (36).

El cadmio inhibe a los grupos SH que intervienen en la mayoría de procesos enzimáticos de nuestro organismo. Es sesenta veces más tóxica la forma inhalada que la ingerida. Los órganos diana son el riñón y pulmón. (36).

El riñón es más sensible al cadmio, su deterioro se pone de manifiesto por el incremento de proteínas de peso molecular bajo, lo que causa “proteinuria de peso molecular bajo”. Hay alteración de la filtración glomerular, por cambios en la restricción electrostática para la filtración de las proteínas polianiónicas, disminuyendo su reabsorción y conduce a incrementar la excreción urinaria de proteínas de peso molecular alto, originando “proteinuria de peso molecular alto”. (36).

El daño severo al riñón puede elevar la excreción urinaria de proteínas totales hasta diez veces y las de bajo peso molecular hasta en cien veces. Produce descalcificación debido a que actúa a nivel de la sangre produciendo una eliminación de calcio muy alta que junto a la reabsorción renal disminuida dan lugar a la descalcificación. (36).

Se ha descrito alteraciones en la actividad enzimática de las carboxipeptidasa en competencia con el zinc o interferencias en la absorción del hierro de los alimentos que se manifiestan por una disminución en los niveles de hemoglobina que tienen carácter reversible. (36).

MECANISMO DE ACCIÓN

Las principales interacciones del Cd son: (36).

- Unión fuerte del Cd a los grupos sulfidrilos (SH) libres de la metalotioneína, proteína de bajo peso molecular, cuya función es la protección del sistema enzimático celular; inhibiendo a las enzimas que poseen estos grupos, cuando esta microproteína se sintetiza en las células, las protege de la toxicidad del cadmio, pues inactiva el metal, la escasa

capacidad del riñón para sintetizarla, lo hace insuficiente para fijar el cadmio y da lugar a aparición de las manifestaciones tóxicas.

- Desplazamiento del Zn de los enlaces -S-, y la consiguiente alteración enzimática y de sus procesos bioquímicos, que se refleja en su deficiencia relativa.
- Afinidad por radicales de los grupos -OH, carboxilo, fosfatil, cisteinil e histidil, y el desplazamiento de Cu, Fe y Ca de sus sitios de unión a enzimas por acción competitiva alterando diversas rutas bioquímicas.

2.3.1.5 MANIFESTACIONES CLÍNICAS

2.3.1.5.1 Intoxicación aguda

La ingesta oral ocasiona náuseas, vómitos, diarreas, y dolores abdominales y cefalea. En muchos casos hay diarrea intensa con colapso. (36).

La absorción por vía respiratoria puede producir desde un cuadro de hipertermia, ("fiebre de los metales") hasta una neumonitis química y un edema agudo de pulmón, que incluso puede ser mortal. (36).

2.3.1.5.2 Intoxicación crónica

Se describe el desarrollo de la intoxicación en tres fases: (36).

- 1) En la primera fase, el cadmio que ingresa al organismo se acumula en la corteza renal y se liga a la metalotioneína. Si la ligazón cadmio-metalotioneína no se satura, la eliminación de cadmio urinario está en relación directa a la cantidad acumulada en la corteza renal.
- 2) En exposiciones prolongadas, una segunda fase resulta en saturación de los sitios de unión cadmio-metalotioneína y, por tanto, el incremento del cadmio urinario en esta fase reflejará carga corporal.
- 3) Una tercera fase se caracteriza por disfunción renal, en la que excreción de cadmio está directamente relacionada al daño renal

Otros efectos sobre la salud pueden ser: fractura de huesos, fallos en la reproducción y posibilidad incluso de infertilidad, daño al sistema nervioso central, daño al sistema inmune, desordenes psicológicos, posible daño al ADN o desarrollo de cáncer. La agencia internacional de investigaciones sobre el cáncer (IARC) clasifico a los compuestos de Cd como carcinógenos humanos. (37).

También es considerado un disruptor endocrino debido a su capacidad de unirse a los receptores celulares estrogénicos y mimetizar las acciones de los estrógenos y además existe evidencia de que la exposición a Cd puede conducir al desarrollo de cáncer de próstata y mama. (38).

Puede ocasionar pigmentación amarilla del esmalte en forma de anillos semiconcéntricos, alteraciones respiratorias en forma de rinitis, anosmia, bronquitis y enfisema. (38).

La nefropatía cádmica se caracteriza por una tubulopatía proximal con una proteinuria anómala. La aparición de la proteinuria cádmica está generalmente asociada a cadmiurias que sobrepasan los 10 $\mu\text{g/g}$ de creatinina. También se pueden asociar alteraciones glomerulares. Se considera al cadmio como un cancerígeno de pulmón y de próstata. (38).

La presencia de cadmio en los huesos constituye un factor de riesgo en el desarrollo de la osteoporosis, bajos niveles de exposición se asocian a una menor densidad mineral ósea. (39).

2.3.1.6 TRATAMIENTO

El tratamiento consiste en retirar el cadmio circulante y el acumulado en los órganos blancos con el uso de quelantes, en casos de intoxicación aguda se dan mejores resultados y en casos de intoxicación crónica no existe más tratamiento que el retirar al paciente de la fuente de exposición. (40).

- ▶ En personas que no toleran la vía oral, el agente quelante de elección es el Ácido Etilen DiaminoTetraacético Calcio Disódico (CaNa_2EDTA), que posee un amplio espectro para quelar metales, utilizándose principalmente en el tratamiento de las intoxicaciones por plomo, zinc, manganeso, cobre, mercurio, cadmio y berilio. Se

puede administrar por vía endovenosa o intramuscular, a una dosis de 75 mg/kg/día en tres a seis dosis por cinco días (dosis total por cinco días que no excedan de 500 mg /kg). Durante la administración del tratamiento se deberá supervisar la función renal y el volumen urinario.

- ▶ En personas que toleran la vía oral se empleará el Succimero o DMSA (ácido 2,3-dimercaptosuccínico) a razón de 10 mg/kg de peso cada 8 horas por 5 días, y luego continuar la misma dosis cada 12 horas por los siguientes 14 días, durante la administración de la terapia se debe monitorizar la función renal y realizar análisis de sangre.

2.3.1.7 CADMIO EN AIRE, AGUA Y SUELOS

El cadmio (como óxido, cloruro o sulfato) se encuentra en el aire en forma de partículas o vapores (proveniente de procesos de alta temperatura). Puede ser transportado largas distancias en la atmósfera para ser depositado (húmedo o seco) sobre la superficie del suelo o del agua. (41).

El Cadmio que llega al agua procede principalmente de vertidos industriales y urbanos. La contaminación depende también de la cercanía de superficies acuáticas a zonas urbanas, sin embargo, parte del cadmio atmosférico acaba siendo depositado en la superficie acuática, y representa el 23% del cadmio contaminante, es decir, es la vía principal de entrada de cadmio en agua. (42).

El agua en áreas no contaminadas presenta concentraciones muy bajas de cadmio: 0,04 µg/L - 0,3 µg/L en océanos y alrededor de 1 µg/L en ríos. En las regiones en donde hay contaminación por cadmio estas concentraciones se pueden elevar mucho; así se han encontrado niveles de 0,001 mg/L hasta 0,115 mg/L. La importancia de estas concentraciones en el agua varía según la utilización que se le dé, sea para consumo humano u otros usos. (44).

Respecto al cadmio en suelo, es uno de los metales traza del suelo más soluble. La concentración total del Cd en el suelo (fracciones móviles más inmóviles), al igual que la tasa de difusión del elemento móvil a través de la solución del suelo, incide en la cantidad absorbida por las plantas y de estas, es la fracción móvil la que constituye el verdadero riesgo de toxicidad para las plantas. (44).

Las principales fuentes de cadmio para el suelo son la deposición atmosférica y los métodos de como el uso de fertilizantes fosfatados y la eliminación de lodos de depuradora. Algunos fertilizantes fosfatados pueden contener hasta 300 mg Cd/kg. En suelos no contaminados se ha encontrado alrededor de 1 mg/kg (1ppm) mientras que en lugares contaminados se ha encontrado por arriba de 16 mg/kg de Cd. Algunos suelos pueden contener niveles de concentración de Cd superiores a 57 mg/kg, como resultado del depósito de lodos en suelos y a 160 mg/kg en los alrededores de las industrias procesadoras de metales. La absorción del cadmio en el suelo es un proceso rápido, el 95% se puede absorber en 10 minutos aproximadamente alcanzando el equilibrio en 1h y teniendo la más alta afinidad por este a pH de 6. Cuando la alcalinidad del suelo se incrementa, la adsorción decrece, probablemente por la competencia con iones de Ca^{+2} y Mg^{+2} . La concentración de Cd en la solución del suelo es relativamente baja, en intervalos de 0.2 a 6 ug/L. (41), (45), (46), (47).

2.3.1.8 CADMIO EN PLANTAS

La principal fuente de contaminación de cadmio en el ser humano es la ingesta de vegetales contaminados con este metal. Químicamente, el cadmio se puede encontrar disuelto en el agua contenida en el suelo, adsorbido en superficies orgánicas e inorgánicas, formando parte de minerales, precipitado con otros compuestos del suelo o incorporado a estructuras biológicas. (48).

La biodisponibilidad del cadmio para la planta depende de numerosos factores físicos, químicos y biológicos que modifican su solubilidad y el estado del metal en el suelo. Uno de los principales factores es el pH del suelo, el potencial redox, la temperatura y el contenido en arcillas, materia orgánica, y agua. Por último es importante destacar el tipo de cultivo del que se trate, ya que no todas las plantas acumulan cadmio en igual medida.

Particularmente las verduras de hojas como la lechuga y la espinaca, tienen mayores concentraciones de cadmio. (49), (50), (51). (Ver Figura N°8).

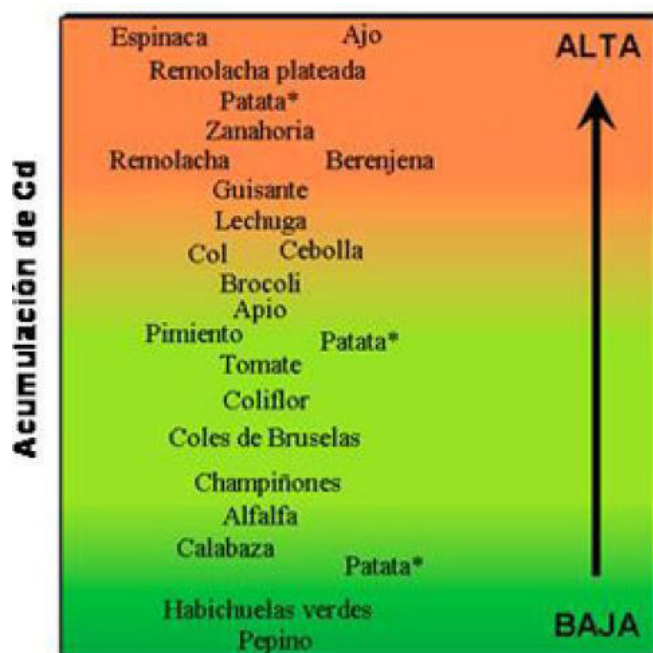


Figura N° 8. Acumulación de cadmio en cultivos vegetales de interés agrícola. (33)

Diversos estudios han demostrado los efectos de este metal sobre las plantas (Ver Tabla N°5):

Tabla N° 5. Efectos del cadmio en las plantas. (33)

Efectos	Referencias
Reducción en el crecimiento y de la elongación de las raíces	Wang y Zhou, 2005; Chaoni y Ferjani, 2005; Pomponi <i>et al.</i> , 2006 ; Aina <i>et al.</i> , 2007 ; Gianaza <i>et al.</i> , 2007; Wang <i>et al.</i> , 2007
Inhibición de la apertura estomática	Barceló <i>et al.</i> , 1986; Barceló y Poschenrieder, 1990
Inhibición de la síntesis de clorofila	Padmaja <i>et al.</i> , 1990; Wu <i>et al.</i> , 2004 ; Drazic y Mihailovic, 2005 ; Mishra <i>et al.</i> , 2006
Inhibición de la fotosíntesis	Van Assche y Clijsters, 1990 ; Pietrini <i>et al.</i> , 2003; Drazkiewicz <i>et al.</i> , 2003; Dalla Vecchia <i>et al.</i> , 2005
Clorosis	Aidid y Okamoto, 1992; Aravind y Prasad, 2003, 2005; Mishra <i>et al.</i> , 2006
Disminución en el contenido de carotenoides	Larsson <i>et al.</i> , 1998; Rai <i>et al.</i> , 2005 ; Mishra <i>et al.</i> , 2006
Disminución en la tasa de transpiración	Hang-Kerwer <i>et al.</i> , 1999; Sandalio <i>et al.</i> , 2001
Inhibición de la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico	
Aumento en los niveles de peroxidación lipídica	Chaoui <i>et al.</i> , 1997 ; Zhang <i>et al.</i> , 2005 ; Mishra <i>et al.</i> , 2006 ; Singh <i>et al.</i> , 2006
Estrés oxidativo y enzimas antioxidantes	Romero-Puertas <i>et al.</i> , 2004, 2007 ; Gallego <i>et al.</i> , 2005; Maksymiec y Krupa, 2006; Brahim <i>et al.</i> , 2007; Han <i>et al.</i> , 2008
Inhibición de la fosforilación oxidativa mitocondrial	Kessler y Brand, 1995
Interferencia con la toma, transporte y uso de varios macro y micronutrientes, especialmente Fe, Mn y Zn	Di Toppi y Gabbrielli, 1999; Zhou y Qiu, 2005
Aceleración de la senescencia celular	Di Toppi y Gabbrielli, 1999
Reacciones semejantes a hipersensibilidad	Piqueras <i>et al.</i> , 1999
Reducción del intercambio normal de H ⁺ /K ⁺ y la actividad de la ATPasa de membrana plasmática	Obata <i>et al.</i> , 1996
Disturbio en el control Redox y el metabolismo	Schutzendubel y Polle, 2002 ; Devi <i>et al.</i> , 2007 ; Ernst <i>et al.</i> , 2008
Polimorfismos en el ADN	Mukerjee <i>et al.</i> , 2004 ; Liu <i>et al.</i> , 2005

2.3.1.9 LÍMITES

A Nivel Internacional

El comité Mixto FAO/OMS de Expertos de aditivos Alimentarios (JECFA) estableció en 2010 el valor de ingesta mínima tolerable mensual (IMTP) para el cadmio de 25 ug/kg de peso. (52).

En el año 2011, el JECFA estableció nuevos valores de ingesta mínima tolerable semanal (ISTP) 2,5 ug/kg. (53).

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (AESAN) realizó en el año 2009 un Meta-análisis de un gran número de estudios analizando la relación entre concentraciones de cadmio en orina y la aparición de proteinuria. Relacionando los valores de cadmio en orina con los de exposición a través de la dieta, estableció una ISTP de 2,5 ppb (equivalente a 10 ug/kg/mes). Dicha cifra es considerablemente menor que la recomendada por el JECFA. (54).

A Nivel Nacional

En la normativa peruana, según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), se indica los parámetros de metales pesados en Categoría 3 (agua utilizada en el riego de vegetales), para Cd 0.01 ppm y el ECA para metales en suelo agrícola, Cd Total 1.4 ppm. (55), (56).

2.3.2 PLOMO

El plomo rara vez se encuentra en su estado natural. Es muy común encontrarlo en forma de sulfuros. (59).

2.3.2.1 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

El plomo, de símbolo Pb, metal pesado de color azulado, el cual adquiere un color grisáceo al contacto con la humedad. Su número atómico es 207.2, es flexible, elástico y se funde con gran facilidad. (59).

Tiene un bajo punto de fusión de 327 °C, un punto alto punto de ebullición 1749 °C, alta densidad 11.3g/cm³, es un elemento metálico blando, dúctil y maleable, de gran utilidad

para el hombre. Por tales propiedades el plomo es empleado en la producción de acumuladores, elementos piezoeléctricos, pegamentos, vidrios, esmaltes, entre otros, principalmente en África, el Medio Oriente, Asia y América Latina. (57), (59).

La solubilidad del plomo en el suelo depende de sus características químicas como pH, contenido de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico. (59).

Las principales fuentes contaminantes de plomo son los residuos y subproductos de la industria metalúrgica, química, farmacéutica y petroquímica. ^[58] Sin embargo, se puede encontrar naturalmente como galena (PbS), cerusita (PbCO₃) y anglesita (PbSO₄) en los suelos agrícolas, presentando niveles entre 2 a 300 mg/kg. (58), (59).

2.3.2.2 FUENTES Y VÍAS DE EXPOSICIÓN

El plomo en su forma natural tiene poca importancia como fuente de contaminación ambiental. Al contrario, con el crecimiento de las actividades industriales las fuentes contaminantes del medio con este y otros metales han aumentado considerablemente. (34).

Fuentes naturales

En su forma natural raramente se encuentra en la naturaleza en la forma de metal, generalmente se encuentra combinado con otros elementos formando compuestos de plomo. (34).

Fuentes antropogénicas

Industria: producción de baterías, particularmente de automóviles; producción de plástico; fabricación de municiones, latón, bronce; aleaciones para soldadura; fabricación y uso persistente de pinturas y gasolinas, barnices, esmaltes; cosméticos, entre otros. En la actualidad, buena parte del plomo comercializado en los mercados mundiales se obtiene por medio del reciclaje. (34).

2.3.2.3 TOXICOCINÉTICA

Absorción

El plomo puede ser absorbido por vía intestinal, pulmonar o dérmica. El plomo inorgánico (agua, pinturas, juguetes, plástico) se absorbe principalmente por el tracto respiratorio y gastrointestinal y mínimamente por la piel. (34).

Para los adultos con exposición ocupacional (plomo, metal), la principal vía de absorción es la respiratoria, la cual depende del tamaño de las partículas; desde esta ruta, el porcentaje de plomo que llega a la circulación sistémica es de un 30% a 40%. (34).

La proporción de absorción por vía gastrointestinal depende del estado nutricional y de la edad del individuo expuesto. Por lo tanto, en adultos el promedio de absorción del plomo ingerido es de un 10% a 15%, mientras que en los niños puede alcanzar hasta un 50%. Si la persona presenta diabetes o hipertensión, enfermedad renal crónica o hábito de fumar. La absorción se incrementa en presencia de dietas bajas en hierro, calcio, fósforo, zinc; si hay gran ingesta de ácidos grasos poliinsaturados o inadecuada ingesta de calorías. Por la piel se absorbe principalmente plomo orgánico. (34).

Distribución

Una vez absorbido el plomo se mueve por tres compartimentos: sangre, tejidos blandos y esqueleto. (34).

En la sangre, aproximadamente el 99% del plomo se encuentra en el plasma. Aquí su vida media es de 36 días \pm 5 días. Desde aquí se distribuye al resto del organismo. El estado estable de transferencia y movilización del plomo en el cuerpo es lento y tarda de cuatro a seis semanas. (34).

El segundo compartimento está representado por los tejidos blandos como riñón, médula ósea, sistema nervioso central e hígado, en este último la vida media es de 40 días. (34).

El tercer compartimento lo constituye el esqueleto, que contiene el 90% del plomo almacenado en el organismo (70% en los niños y 90% en adultos), aquí el metal forma compuestos con los fosfatos, que son muy estables, es inerte y no tóxico. Las zonas del

hueso donde se deposita son las más activas metabólicamente como las epífisis y las metáfisis y su vida media aquí es de 20 a 30 años. Las concentraciones sanguíneas solo representan los ingresos de tres a cinco semanas previas y no pueden ser usadas como un índice de exposición crónica. El metal puede movilizarse de los depósitos óseos en situaciones de embarazo, hipertiroidismo, resorción ósea, quimioterapia, infiltración tumoral ósea, osteoporosis menopáusica y edad avanzada. (34). (Ver Figura N°9).

El plomo puede atravesar la placenta y la captación comienza desde las 12 semanas de gestación. Diferentes condiciones que incrementen la resorción. (34).

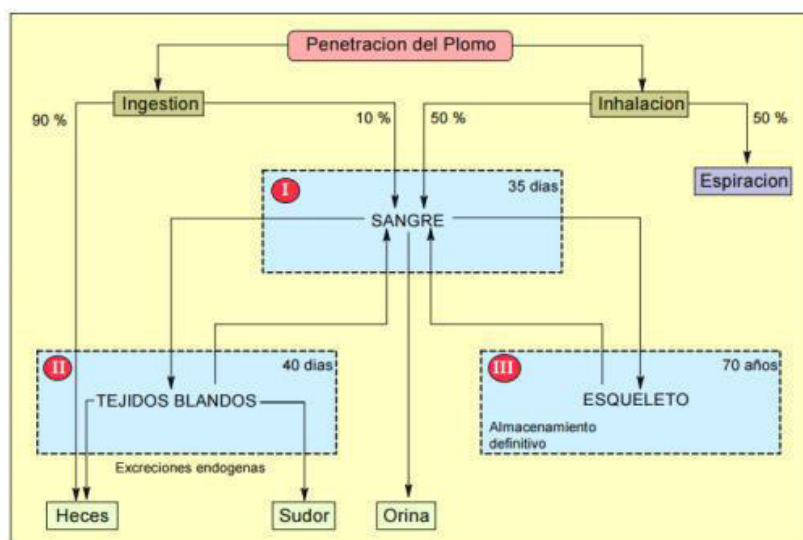


Figura N° 9. Distribución del plomo en el organismo. (60)

Metabolismo y Excreción

El plomo inorgánico no se metaboliza y su principal ruta de excreción es la orina en un 90%, pequeñas cantidades son excretadas por la bilis, jugo gástrico, lagrimas, uñas, sudor, cabello, leche materna, pero estas vías no tienen importancia clínica. El plomo orgánico, sufre metabolismo hepático por la citocromo P450 a metabolitos altamente neurotóxicos como el plomo trietil y trimetil. En general, el plomo se excreta muy lentamente del organismo, se estima que tiene un tiempo de vida media biológica de diez años, lo que facilita su acumulación. (34). (Ver Figura N°10).

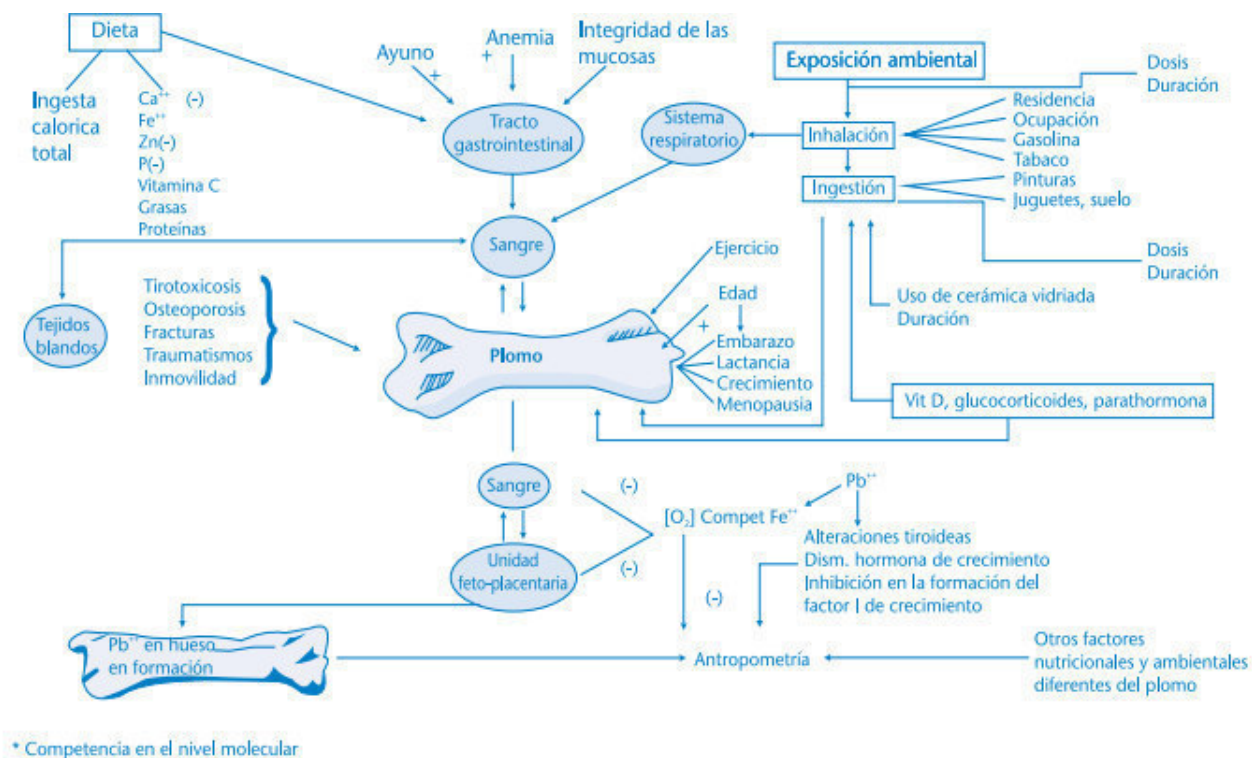


Figura N° 10. Modelo Biológico del plomo. (61)

2.3.2.4 TOXICODINAMIA

Este metal interacciona con elementos esenciales como Ca, Fe, Zn y Cu compitiendo con ellos o modificando sus concentraciones celulares. Además, inhibe la ATPasa Na/K incrementando la permeabilidad celular además de la síntesis de ADN, ARN y proteínas.

Inhibe también, la síntesis del grupo hemo, y por lo tanto, todas las enzimas respiratorias que lo contienen y también la hemoglobina por inhibición específica de la ALAD (δ -aminolevulínico-deshidrasa), coprofibrinógeno-oxidasa y ferroquelatasa. (62).

Es importante destacar que los signos y síntomas de la intoxicación por plomo orgánico difieren significativamente de los correspondientes a la intoxicación por plomo inorgánico. El plomo tetraetilo y tetrametilo son compuestos liposolubles y se absorben con facilidad por la piel, el Tracto Gastrointestinal y los pulmones. Prácticamente todos los efectos tóxicos tienen lugar a nivel del Sistema Nervioso Central y no suelen presentarse efectos hematológicos de importancia. (62).

MECANISMO DE ACCIÓN

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial por enzimas dependientes de Zinc, el mecanismo de acción es complejo; en primer lugar parece ser que el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal esta en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas: (62).

- a. Reemplaza el calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimientos dentro de la célula, alterando la neurotransmisión celular.
- b. Activa la proteinquinasa C, una enzima que depende del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares.
- c. Se une a la calmodulina más ávidamente que el calcio, esta es una proteína reguladora importante.
- d. Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio intracelular.
- e. Se une a los grupos sulfhidrilos de las metaloenzimas como la de aminolevulinico deshidratasa, coproporfirinogeno oxidasa y la ferroquetasa interfiriendo con la síntesis del Hem.

2.3.2.5 MANIFESTACIONES CLÍNICAS

2.3.2.5.1 INTOXICACIÓN AGUDA

Es consecuencia de la ingestión de compuestos de plomo o de la inhalación de vapores del mineral a altas concentraciones, ocasionando astringencia, sed, sabor metálico, náusea, vómito y dolor abdominal intenso, a veces hay diarrea o estreñimiento, se presenta con paresia (ausencia parcial de movimiento voluntario), dolor y debilidad muscular; crisis hemolítica aguda, que causa anemia hasta dañar los riñones ocasionando oliguria (disminución de producción de orina) y encefalopatías. (62).

2.3.2.5.2 INTOXICACIÓN CRÓNICA

Dentro de su sintomatología clínica se presentan cefaleas, malestar general, estreñimiento o diarrea, dolor abdominal (o “cólico saturnino”), fatiga, vértigo, ataxia, caídas, insomnio, inquietud, irritabilidad, confusión, convulsiones tónico-clónicas, letargo y coma. (62).

Un signo común de exposición crónica es el ribete de Burton (línea oscura que se forma entre la base del diente y la encía) debido a que el sulfuro liberado por las bacterias se une al plomo. (62).

Se manifiesta con compromiso multisistémico: *Hematopoyético, gastrointestinal, del sistema nervioso, gastrointestinal, riñón y sistema reproductor.* (62), (63).

Hematopoyético

El Pb inhibe la habilidad del cuerpo para fabricar hemoglobina, al interferir con varios pasos enzimáticos de la ruta del grupo hemo, el cual puede provocar dos tipos de anemia, comúnmente acompañadas de punteado basófilo de los eritrocitos.

Gastrointestinal

El dolor abdominal se caracteriza por ataque de dolor con defensa abdominal, de hecho simula un abdomen agudo, el dolor puede ceder con la presión del abdomen.

Sistema Nervioso

Los trabajadores expuestos por mucho tiempo y sin medidas de protección personal pueden presentar una polineuropatía periférica, que afecta predominantemente los miembros superiores, más los músculos extensores que los flexores y más el lado dominante, lo que se ha dado en llamar la mano del pintor por que se presentaba en estos trabajadores por el uso de pinturas con alto contenido de plomo. La encefalopatía plúmbica caracterizada por trastorno del sensorio y convulsiones se presenta en pacientes con plomo en sangre mayor de 100 mg/dl. El diagnóstico es difícil ya que el cuadro es sutil y los síntomas inespecíficos. (Ver Figura N°11)

El Pb disminuye la capacidad de aprendizaje y cognitiva en los niños por el daño neurológico que ocasiona. En adultos, el impacto neuro-comportamental de la exposición baja a moderada es más controversial y son escasos los estudios que analizan este efecto de la exposición acumulada en el largo plazo. En las mujeres, por traspasar la barrera placentaria, puede provocar abortos espontáneos.

La mortalidad es del 25% cuando afecta al sistema nervioso central, cerca del 40% de los sobrevivientes tendrán secuelas neurológicas como retardo psíquico, convulsiones, parálisis cerebral y distonía muscular.

Riñón

Una exposición severa por un periodo breve se la asocia con alteraciones reversibles de la función tubular proximal, glicosuria, aminoaciduria, hiperfosfaturia Sin embargo, exposiciones continuas, es generalmente irreversible a niveles relativamente elevados en el funcionamiento renal suele manifestarse por medio de nefropatía crónica y puede conducir al fallo renal, al interferir con la conversión de la vitamina D a su forma activa, hay inclusiones intranucleares en los túbulos renales, produciendo tubulopatías, que en estadios más avanzados llega a atrofia tubular y fibrosis sin compromiso glomerular, caracterizándose por una proteinuria selectiva. Algunos estudios encuentran un aumento acelerado de la creatinina o disminución de la depuración de la creatinina cuando los niveles de plomo en la sangre son $<60 \mu\text{g/dL}$ En niños se puede ver un síndrome semejante

al de fanconi, con aminoaciduria, glucosuria e hipofosfatemia, sobre todo en aquello con plombemias altas. (Ver Figura N° 11)

Medula ósea y huesos

Altera la médula ósea y los huesos, los cuales le sirven como depósito durante largos períodos de tiempo (años o aún décadas): la vida media del Pb en hueso estable oscila entre 10 y 20 años. El Pb acumulado en el hueso representa el 95% de la carga total de Pb del organismo y puede constituirse en una fuente endógena de contaminación cuando el mismo es movilizado en circunstancias tales como el embarazo, la lactancia, la menopausia o el envejecimiento. Impide la conversión de la vitamina D, responsable del mantenimiento de la homeostasis del calcio extracelular e intracelular. Así, el Pb, al inhibir o mimetizar las acciones del calcio, puede dificultar el crecimiento celular, la maduración y el desarrollo de huesos y dientes.

Sistema Cardiovascular

Hay una relación causal existente entre exposición al Pb e hipertensión (HTA): un incremento de 5 ug/dl de Pb en sangre está asociado con un aumento en la presión arterial sistólica de entre 0,6 a 1,25 mmHg. El Pb compromete la función arterial a través del estrés oxidativo y la disfunción endotelial. Se observó un incremento de mortalidad en mujeres con niveles de Pb en sangre > 8 ug/dl, en particular por enfermedad cardio-coronaria, en comparación con aquellas que presentaron valores de plombemia inferiores. Aunque la exposición a niveles bajos o moderados de plomo (nivel sanguíneo <30 µg/dL) solo muestra una relación mínima, los niveles más elevados, generalmente relacionados a contactos ocupacionales, aumentan el riesgo de hipertensión arterial y enfermedad cerebrovascular. (Ver Figura N° 11).

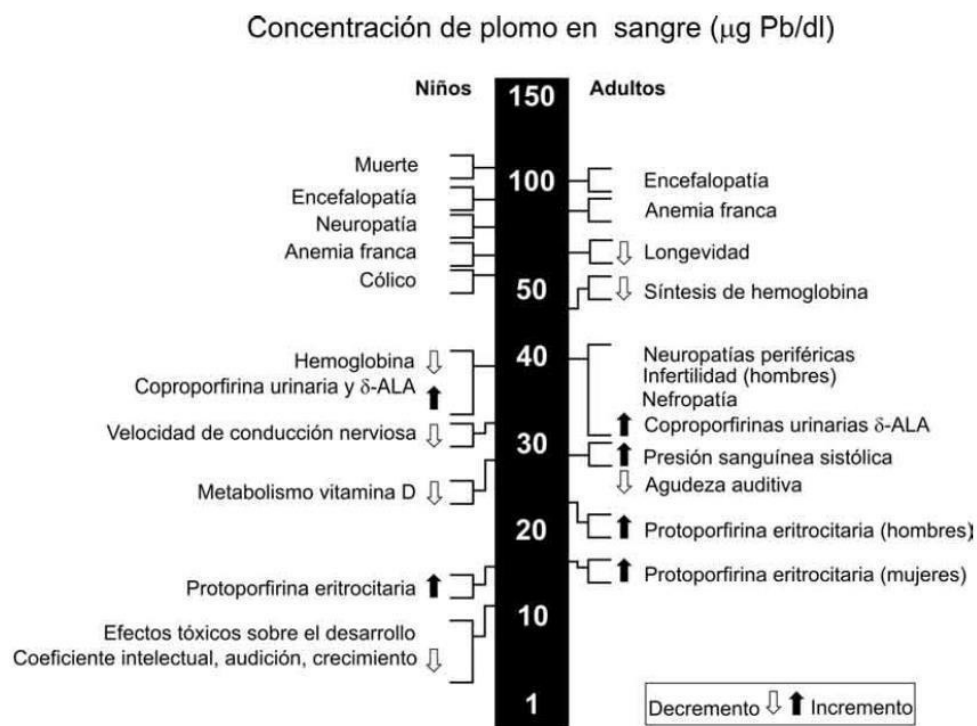


Figura N° 11. Correlación entre distintos niveles de plomo en sangre en el humano. (63)

2.3.2.6 TRATAMIENTO

El tratamiento consiste en alejar al paciente de la fuente de exposición y tratamiento quelante si la plumbemia es mayor de 60 $\mu\text{g/dL}$ o según clínica. Los quelantes usados son los mismos que para cualquier intoxicación plúmbica: (62).

a) Edetato-Disódico-Cálcico (EDTA Ca) a dosis de 30 - 50 mg/kg/día , diluido en dextrosa al 5% (para una dilución de 2 a 4 mg/mL), a pasar por goteo endovenoso en 6 a 8 horas, por 5 días consecutivos. El EDTA cálcico ha sido asociado con redistribución del plomo hacia tejido blando y cerebro, precipitando la encefalopatía plúmbica en aquellos pacientes con absorción continuada de plomo y con alta carga corporal de este metal; por lo que en estos casos se debe asociar en el tratamiento el siguiente quelante.

b) Dimercaprol (BAL) que se asocia a EDTA-Ca en casos de encefalopatía o plumbemia mayor a 100 mg/dL en adultos y mayor a 60 mg/dL en niños a dosis de 3 a 5 mg/kg/dosis , por vía intramuscular, 4 horas previa al EDTA cálcico, el 1° y 2° día cada 4 horas, el 3° y 4° día cada 6 horas y el 5° día cada 12 horas.

c) Ácido dimercaptosuccínico (DMSA), tiene la ventaja de que provoca pocos efectos adversos y de que se usa por vía oral a dosis de 10 mg/Kg/ dosis repartidos cada 8 horas por 5 días, luego cada 12 horas por 14 días más. Este quelante no redistribuye el plomo a cerebro.

2.3.2.7 PLOMO EN AIRE, AGUA Y SUELOS

Diversas fuentes de contaminación son las responsables de la presencia de plomo en aire, este incide directamente en la deposición atmosférica de este metal procedente del polvo atmosférico, estas partículas quedan retenidas en la superficie de las plantas, las cuales son difíciles de eliminar por lavado. Es entonces significativo que las partes de las hortalizas contaminadas con plomo fueron las hojas y los frutos. (66), (67).

La concentración de plomo en la zona de la superficie del agua es muy variable dependiendo de las fuentes de contaminación, el plomo contenido de sedimentos, y las características del sistema (pH, temperatura, etc.). Las concentraciones de plomo en la superficie del agua en las zonas urbanas son más altos que en las zonas rurales. En general, se encuentra muy poco plomo en lagos, ríos o en agua subterránea usada como suministro de agua potable. Más del 99% del agua usada como agua potable contiene menos de 0.005 partes de plomo por millón de partes de agua (ppm). Sin embargo, la cantidad de plomo que se ingiere a través del agua potable puede ser alta en comunidades en que el suministro contiene agua ácida, esta se encuentra presente en cañerías, soldaduras de plomo y grifos de bronce facilitando el ingreso de plomo agua que bebemos. Hoy en día se requiere que los sistemas públicos de tratamiento de agua usen medidas de control para disminuir la acidez del agua. En nuestro país, según el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) permite un valor menor a 0.05 ml/L de plomo en agua para riego de vegetales de consumo crudo. (55), (68), (69).

La capacidad de los suelos para unir el plomo depende del pH del suelo y de la capacidad de intercambio catiónico de los componentes del suelo. Además del pH, otros factores que influyen en la solubilidad del plomo en el suelo son el contenido total de plomo y las concentraciones de fosfato y carbonato en los suelos. El plomo está disponible

principalmente para la absorción de plantas en suelos con baja materia orgánica, pH bajo y fosfato bajo. La biodisponibilidad en suelo se ve afectada por la remoción de otros elementos químicos como el fósforo, inducidos por el crecimiento de las plantas. (70), (71), (72), (73).

En suelos contaminados con Pb, este se encuentra comúnmente asociado a cadmio y zinc. (74).

2.3.2.8 PLOMO EN PLANTAS

La absorción vegetal se realiza a través de los pelos radicales y la pared celular donde son almacenados debido a la carga iónica negativa que confieren los grupos carboxilo, parte estructural de glucósidos, proteínas y carbohidratos. El ingreso de este metal causa disrupciones en la estructura celular y a lo largo del proceso fotosintético, provocando así alteraciones fisiológicas como reducción en el crecimiento, clorosis, necrosis y cambios en el régimen hídrico. La fitotoxicidad en la planta dependerá de su mecanismo para asimilar y acumular el metal, y de sus mecanismos biológicos de defensa que confieren resistencia a la planta ante la presencia de metales pesados en el medio. (75), (76), (77).

Una vez absorbido por las raíces de las plantas, el plomo causa efectos fitotóxicos según la concentración, forma química y su disponibilidad en el suelo, que a su vez depende de sus características químicas y físicas como el pH, humedad, salinidad, capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica. (78), (79).

En los vegetales este metal cuando alcanza niveles tóxicos provoca la disminución de la fotosíntesis, reducción en el crecimiento y la transpiración; además de lesiones cromosómicas, inhibición de la división celular e interferencia con enzimas ligadas al metabolismo del nitrógeno y el desarrollo de anemia en mamíferos. (73).

Eventualmente, el plomo será devuelto al suelo cuando estas plantas decaerán a menos que sean cosechadas (para posiblemente entrar en la cadena alimenticia) o removidas. (70).

2.3.2.9 LÍMITES

A Nivel Internacional

El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos de aditivos Alimentarios (JECFA) estableció valores ISTP 0.007 mg/kg (1988) y IMTP 25 ug/kg (2005) para el plomo^[94]. En la actualidad estos valores han sido retirados en el año 2010, debido a que ya no son seguros y ya no protegen la salud. (52), (94).

En el año 2011 el JECFA estableció nuevos valores de ingesta diaria admisible (IDA) de plomo, para adultos 0.02-3 ug/kg y en niños 0.03-9 ug/kg. (53).

A Nivel Nacional

En la normativa peruana, según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), se indica los parámetros de metales pesados en Categoría 3 (agua utilizada en el riego de vegetales), siendo para Pb 0.05 ppm, y el ECA para metales en suelo agrícola, Pb Total 70 ppm. (55), (56).

III. PARTE EXPERIMENTAL

3.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

AREA DE ESTUDIO

El departamento de Lima se ubica en la Costa del Perú, en la zona central occidental del país, limita con el Océano Pacífico y con los Andes de la Sierra.

Tiene una extensión de 33 mil 820 kilómetros cuadrados y su población supera los 9 millones de habitantes (2017), el cual 80% habita en los conos. Presenta un clima suave y fresco durante todo el año, debido a su proximidad a las playas y escasa ausencia de lluvias. (80).

El clima Costero, permite la siembra de una gran diversidad de hortalizas por su clima cálido en verano y ligeramente frio en invierno. Al encontrarse en un desierto es necesario de tecnológicas de riego por aspersión o goteo el cual permite que se puede cultivar durante todo el año pero no todas las especies de hortalizas. Es por eso que un gran porcentaje son traídos de la Sierra y Selva del Perú.



Figura N° 12. Departamento de Lima. (94)

MUESTREO

Se recolectaron 40 muestras de lechuga (*Lactuca sativa L.*) var. Crespa en mercados del Cono Norte (10), Centro (20) y Cono Sur (10) de Lima Metropolitana, se colocaron en bolsas de polietileno inerte con cierre hermético, se rotularon mediante un código indicando el mercado y su lugar de procedencia, luego se almacenaron en un cooler para su conservación; a la vez se le pregunto a cada comerciante el origen de las lechugas.

Las muestras obtenidas fueron llevadas en un cooler al laboratorio de la Unidad de Servicios de Análisis Químicos (Facultad de Química e Ingeniería – UNMSM).

En los siguientes cuadros se detallan los mercados y el lugar de procedencia de cada una.

PUNTOS DE MUESTREO

CONO NORTE

DISTRITO	PROCEDENCIA
PUENTE PIEDRA Muestra N°1. Mercado Tres Regiones Muestra N°2. Mercado Huamantanga	CANTA CANTA
COMAS Muestra N°3. Mercado Túpac Amaru Muestra N°4. Mercado año nuevo	TARMA TARMA
SMP Muestra N°5. Mercado Naranjal Muestra N°6. Mercado virgen de Fátima	CANTA TARMA
LOS OLIVOS Muestra N°7. Mercado El Olivar Muestra N°8. Mercado productores	TARMA TARMA
INDEPENDENCIA Muestra N°9. Mercado Virgen del Carmen Muestra N°10. Mercado Los Incas	HUARAL TARMA

CENTRO

DISTRITO	PROCEDENCIA
RÍMAC Muestra N°11. Mercado Chira Muestra N°12. Mercado Caquetá	TARMA CANTA
LA VICTORIA Muestra N°13. Mercado La Parada Muestra N°14. Mercado Tres de Febrero	CANTA HUANCAYO
CERCADO DE LIMA Muestra N°15. Mercado la aurora Muestra N°16. Mercado Venezuela	TARMA TARMA
BREÑA Muestra N°17. Mercado Tingo María Muestra N°18. Mercado Las flores	CANTA CANTA
JESUS MARÍA Muestra N°19. Mercado Jesús María Muestra N°20. Mercado San José	CANTA TARMA
BARRANCO Muestra N°21. Mercado N° 2 Muestra N°22. Mercado el trébol	CANTA TARMA
LINCE Muestra N°23. Mercado Lobatón Muestra N°24. Mercado Moderno	CANTA CANTA
MAGDALENA Muestra N°25. Mercado Municipal de magdalena Muestra N°26. Mercado Magdalena	HUACHIPA TARMA
PUEBLO LIBRE Muestra N°27. Mercado El Bolívar Muestra n°28. Mercado Simón Bolívar	CANTA TARMA
SAN MIGUEL Muestra N°29. Mercado Modelo de San Miguel Muestra N°30. Mercado San José	CANTA CANTA

CONO SUR

DISTRITO	PROCEDENCIA
CHORRILLOS Muestra N°31. Mercado La Paradita Muestra N°32. Mercado Santa Rosa	CANTA TARMA
SAN JUAN DE MIRAFLORES Muestra N°33. Mercado Ciudad de Dios Muestra N°34. Mercado San Pedro	CANTA TARMA
VILLA MARIA DEL TRIUNFO Muestra N°35. Mercado Las Conchitas Muestra N°36. Mercado Central N°2	TARMA TARMA
VILLA EL SALVADOR Muestra N°37. Mercado Mensajero de la Paz Muestra N°38. Mercado Juan Velasco Alvarado	TARMA TARMA
LURÍN Muestra N°39. Mercado virgen de las mercedes Muestra N°40. Mercado San Pablo	PACHACAMAC TARMA

3.2 MÉTODO ANALÍTICO

Se emplea la Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA), técnica de naturaleza física que nos permite determinar cualitativamente y cuantitativamente para el análisis de trazas de metales pesados. (81).

Fundamento del método

Se basa en la atomización del analito, las partículas integrantes de un material (átomos, iones o moléculas) absorberán radiación electromagnética provocando que pasen del estado fundamental a uno o más estados excitados de superior energía, al ser este un estado inestable, las partículas regresaran a su configuración inicial, emitiendo una radiación de una determinada frecuencia. La radiación absorbida o emitida se puede caracterizar adecuadamente mediante espectros. La cantidad de luz absorbida después de pasar a través de la llama determina la cantidad de analito existente en la muestra. (81).

3.3 MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS

MATERIALES

- ▶ Fiolas de 50 mL y 100 mL clase A con tapa.
- ▶ Pipetas volumétricas de 2 mL, 10 mL y 50 mL clase A.
- ▶ Probetas de 10 mL.
- ▶ Vasos de Precipitado de 100 mL.
- ▶ Filtros Whatman N° 40.
- ▶ Lunas de reloj.
- ▶ Baguetas.
- ▶ Guantes.
- ▶ Mascarilla.
- ▶ Cooler.
- ▶ Bolsas de polietileno inerte.

REACTIVOS

- ▶ Estándar certificado de cadmio de 1000 mg/L
- ▶ Estándar certificado de plomo de 1000 mg/L
- ▶ Ácido nítrico, HNO_3 , concentrado ultrapuro, con contenido de $0,07 \times 10^{-1} \mu\text{g/L}$ de cadmio, para preparación de estándares.
- ▶ Ácido nítrico, HNO_3 , concentrado ultrapuro, con contenido de $0,07 \times 10^{-1} \mu\text{g/L}$ de plomo, para preparación de estándares.
- ▶ Ácido nítrico, HNO_3 , concentrado para análisis de trazas, con contenido de $0,7 \mu\text{g/L}$ de cadmio, para la digestión de las muestras.
- ▶ Ácido nítrico, HNO_3 , concentrado para análisis de trazas, con contenido de $0,7 \mu\text{g/L}$ de plomo, para la digestión de las muestras.
- Diluyente, agua ultrapura.

EQUIPOS

► CADMIO

CARACTERÍSTICAS
Espectrofotómetro de absorción atómica SHIMADZU Modelo AA –6800 Condiciones óptimas de trabajo de las lámparas de Cadmio: PROCEDENCIA: JAPON Horno de grafito GFA-EX7 Inyector automático, Autosampler ASC-6100 Computadora Plancha térmica Balón de Argón, 99.999% de pureza

PARÁMETROS ÓPTICOS
Se usa corrección de fondo (background) Longitud de onda: 228.8. nm SLIT = 1.0 nm Medida de señal: Área del pico (A-As)

► PLOMO

CARACTERÍSTICAS
Espectrofotómetro de absorción atómica SHIMADZU Modelo AA –6800 PROCEDENCIA: JAPON Horno de grafito GFA-EX7 Inyector automático, Autosampler ASC-6100 Computadora Plancha térmica Balón de Argón, 99.999% de pureza

PARÁMETROS ÓPTICOS
Se usa corrección de fondo (background) Longitud de onda: 283.3 nm Slit: 0.5 nm Medida de señal: Área del pico (A-As)

3.4 PREPARACIÓN DE MUESTRAS

1. Se extraen hojas de lechuga de cada muestra.
2. Las hojas de lechuga se lavan cuidadosamente con agua desionizada hasta eliminar todo residuo externo que se encuentre.
3. Aproximadamente se pesa 0,5 g de muestra fresca.
4. Se lleva a un volumen final de 25 mL con agua desionizada en una Fiola.
5. Las muestras se llevan a digestión en un vaso de precipitado de 100 mL agregando con una pipeta volumétrica 10 mL de Ácido Nítrico concentrado.
6. Se calienta hasta la eliminación de vapores nitrosos y se lleva a una Fiola de 25 mL con agua desionizada, la cantidad de agua es variable dependiendo de la vaporización de la muestra.
7. Se realiza el filtrado de solución utilizando filtros Whatman N° 40.
8. Lectura de la muestra en el equipo.

3.5 ANÁLISIS

Tabla N°6. Curva de calibración de cadmio.

Concentración (ppb)	Absorbancia
4.0000	0.2440
6.0000	0.3602
8.0000	0.4774

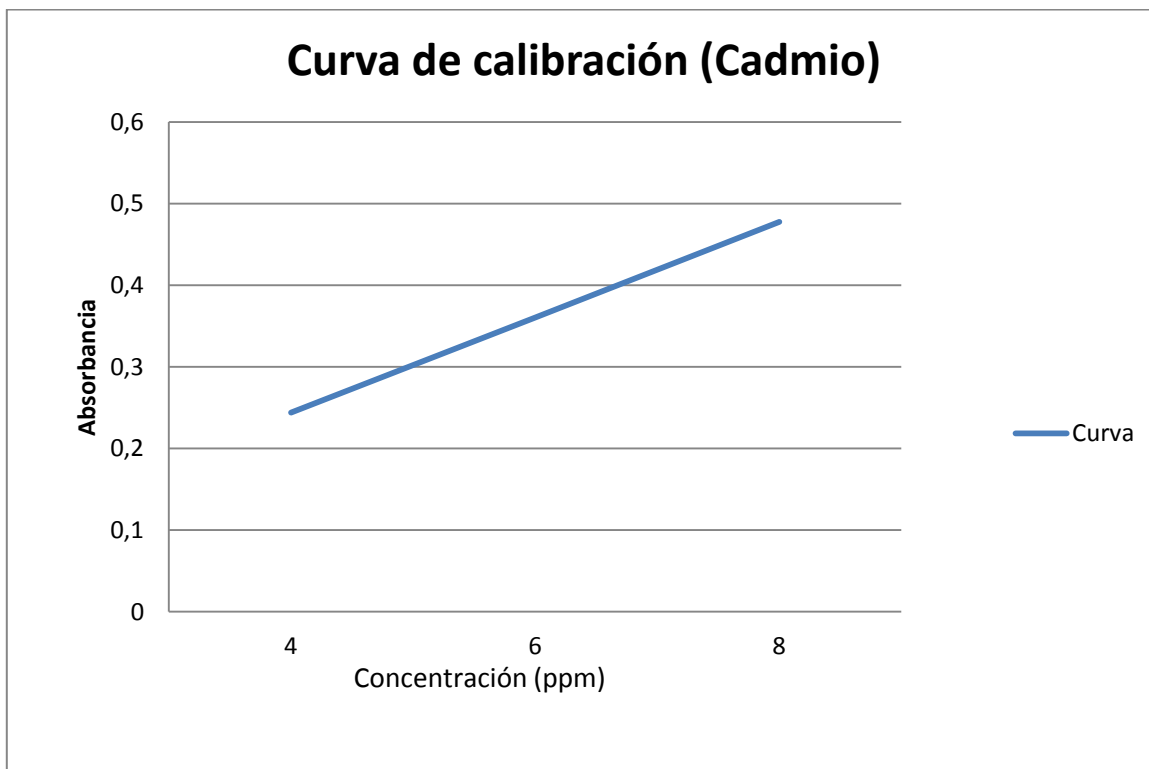


Figura N° 13. Curva de calibración de Cadmio.

Tabla N° 7. Curva de calibración de plomo.

Concentración (ppb)	Absorbancia
4.0000	0.0101
8.0000	0.0158
12.000	0.0219
16.000	0.0286
18.000	0.0313

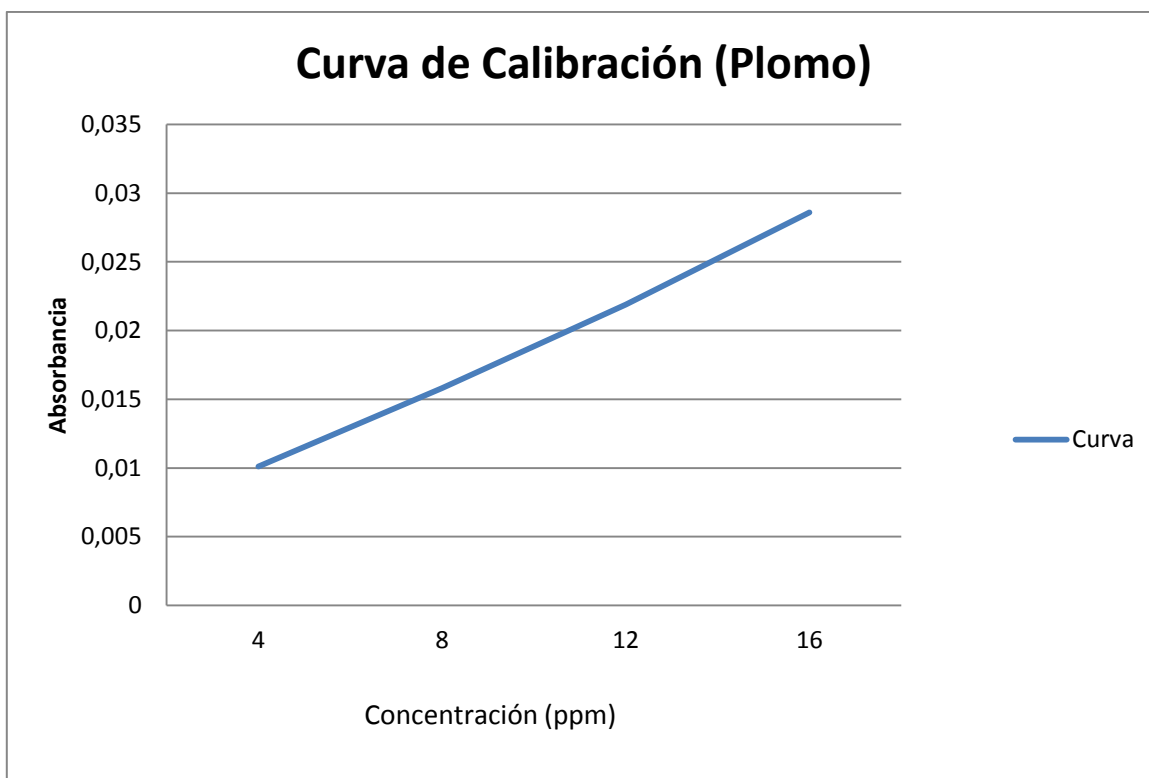


Figura N° 14. Curva de calibración de Plomo.

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se han distribuido en tablas estadísticas para la mayor comprensión de los mismos. Estas tablas indican los niveles de concentración hallados de los metales en estudio, y el lugar de procedencia de las lechugas.

Tabla N° 8. Datos de cada mercado.

Muestras: 40

Año 2017

N°	CÓDIGO	MERCADO	DISTRITO	PROCEDENCIA	ORIGEN	[Cd] ppm	[Pb] ppm
1	077-01	Tres Regiones	PUENTE PIEDRA	CANTA	COSTA	N.D.	N.D.
2	077-02	Huamantanga	PUENTE PIEDRA	CANTA	COSTA	0.016	0.26
3	077-03	Túpac Amaru	COMAS	TARMA	SIERRA	0.018	0.261
4	077-04	Año nuevo	COMAS	TARMA	SIERRA	N.D.	0.323
5	077-05	Naranjal	SMP	CANTA	COSTA	N.D.	N.D.
6	077-06	Virgen de Fátima	SMP	TARMA	SIERRA	N.D.	1.446
7	102-01	El Olivar	LOS OLIVOS	TARMA	SIERRA	0.188	2.647
8	102-02	Productores	LOS OLIVOS	TARMA	SIERRA	0.039	3.283
9	077-07	Virgen del Carmen	INDEPENDENCIA	HUARAL	COSTA	0.438	4.309
10	077-08	Los Incas	INDEPENDENCIA	TARMA	SIERRA	0.09	1.928
11	081-01	Chira	RIMAC	TARMA	SIERRA	0.33	5.273
12	077-09	Caquetá	RIMAC	CANTA	COSTA	0.152	0
13	081-02	La Parada	LA VICTORIA	CANTA	COSTA	N.D.	0.064
14	081-03	Tres de Febrero	LA VICTORIA	HUANCAYO	SIERRA	N.D.	N.D.
15	102-08	La aurora	CERCADO DE LIMA	TARMA	SIERRA	N.D.	0.88

N°	CÓDIGO	MERCADO	DISTRITO	PROCEDENCIA	ORIGEN	[Cd] ppm	[Pb] ppm
16	102-03	Venezuela	CERCADO DE LIMA	TARMA	SIERRA	0.125	4.753
17	102-04	Tingo María	BREÑA	CANTA	COSTA	0.046	N.D.
18	102-10	Las flores	BREÑA	CANTA	COSTA	N.D.	N.D.
19	081-04	Jesús María	JESUS MARIA	CANTA	COSTA	0.018	N.D.
20	102-11	San José	JESUS MARIA	TARMA	SIERRA	N.D.	3.032
21	102-12	2 barranco	BARRANCO	CANTA	COSTA	0.012	N.D.
22	102-13	El trébol	BARRANCO	TARMA	SIERRA	N.D.	0.044
23	102-09	Lobatón	LINCE	CANTA	COSTA	0.287	0.128
24	102-07	Moderno	LINCE	CANTA	COSTA	0.05	0.376
25	102-15	Municipal de Magdalena	MAGDALENA	HUACHIPA	SIERRA	0.045	0.291
26	102-14	Magdalena	MAGDALENA	TARMA	SIERRA	N.D.	0.936
27	102-05	El Bolívar	PUEBLO LIBRE	CANTA	COSTA	0.003	0.088
28	102-06	Simón Bolívar	PUEBLO LIBRE	TARMA	SIERRA	0.194	2.897
29	102-16	Modelo de San Miguel	SAN MIGUEL	CANTA	COSTA	N.D.	0.494
30	102-17	San José	SAN MIGUEL	CANTA	COSTA	0.043	N.D.
31	078-01	La Paradita	CHORRILLOS	CANTA	COSTA	N.D.	0.591
32	078-02	Santa Rosa	CHORRILLOS	TARMA	SIERRA	0.163	1.853
33	078-03	Ciudad de Dios	SAN JUAN DE MIRAFLORES	CANTA	COSTA	0.142	N.D.
34	078-04	San Pedro	SAN JUAN DE MIRAFLORES	TARMA	SIERRA	0.054	7.189
35	078-05	Las Conchitas	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	TARMA	SIERRA	0.176	2.832

N°	CÓDIGO	MERCADO	DISTRITO	PROCEDENCIA	ORIGEN	[Cd] ppm	[Pb] ppm
36	078-06	Central N°2	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	TARMA	SIERRA	0.369	4.987
37	078-07	Mensajero de la Paz	VILLA EL SALVADOR	TARMA	SIERRA	0.082	N.D.
38	078-08	Juan Velasco Alvarado	VILLA EL SALVADOR	TARMA	SIERRA	N.D.	N.D.
39	078-09	Virgen de las Mercedes	LURIN	PACHACAMAC	SIERRA	N.D.	N.D.
40	078-10	San Pablo	LURIN	TARMA	SIERRA	0.271	N.D.

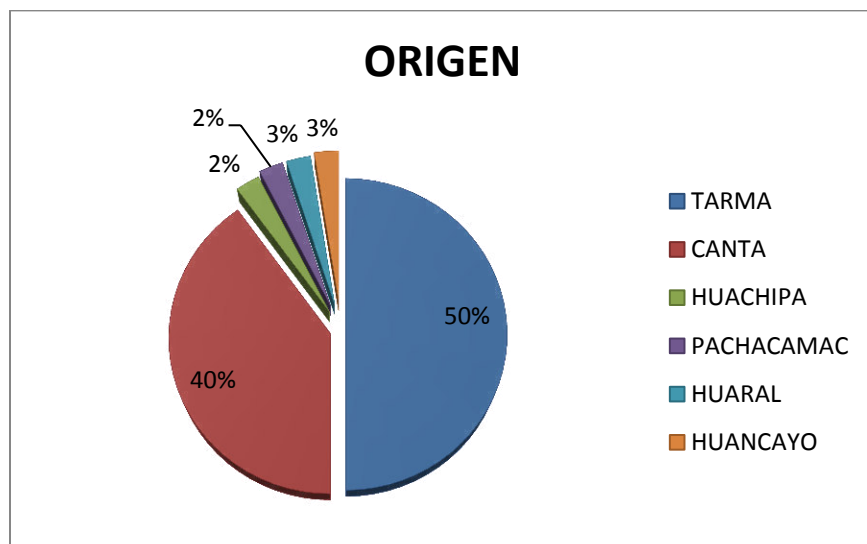


Figura N° 15. Según lugar de origen.

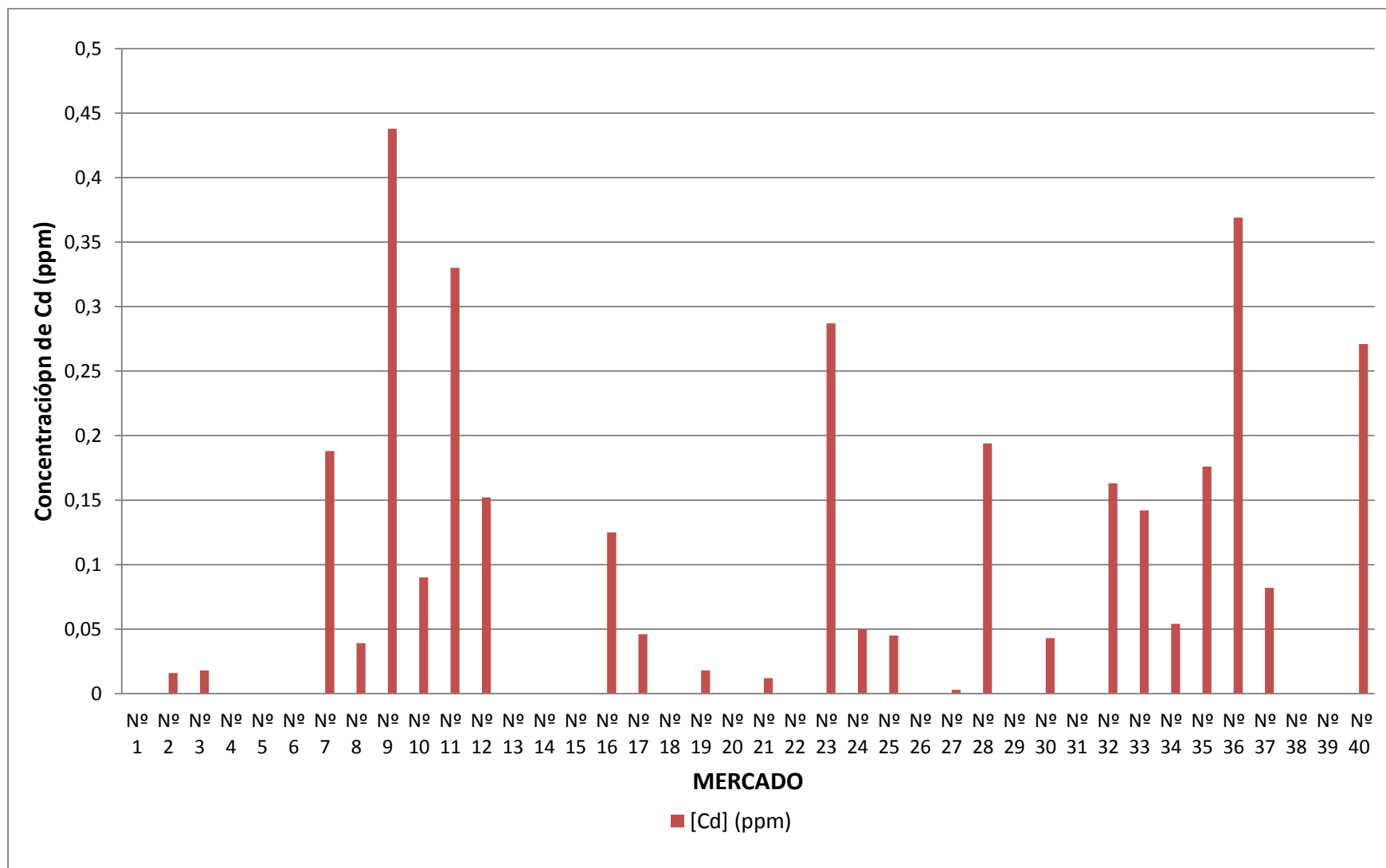


Figura N° 16. Concentración de Cadmio en cada mercado.

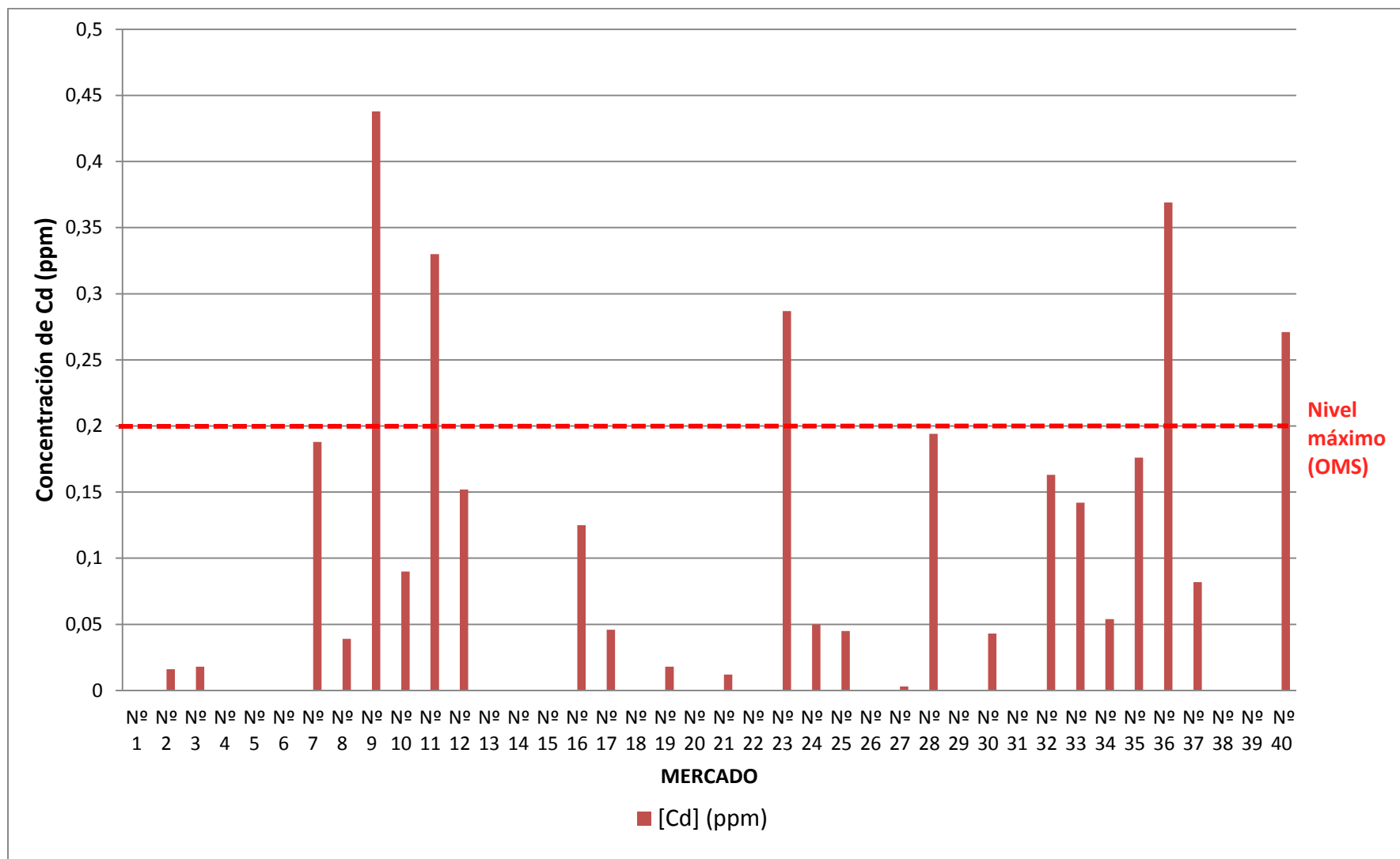


Figura Nº 17. Concentración de Cadmio en cada mercado comparado con el Nivel Máximo (OMS).

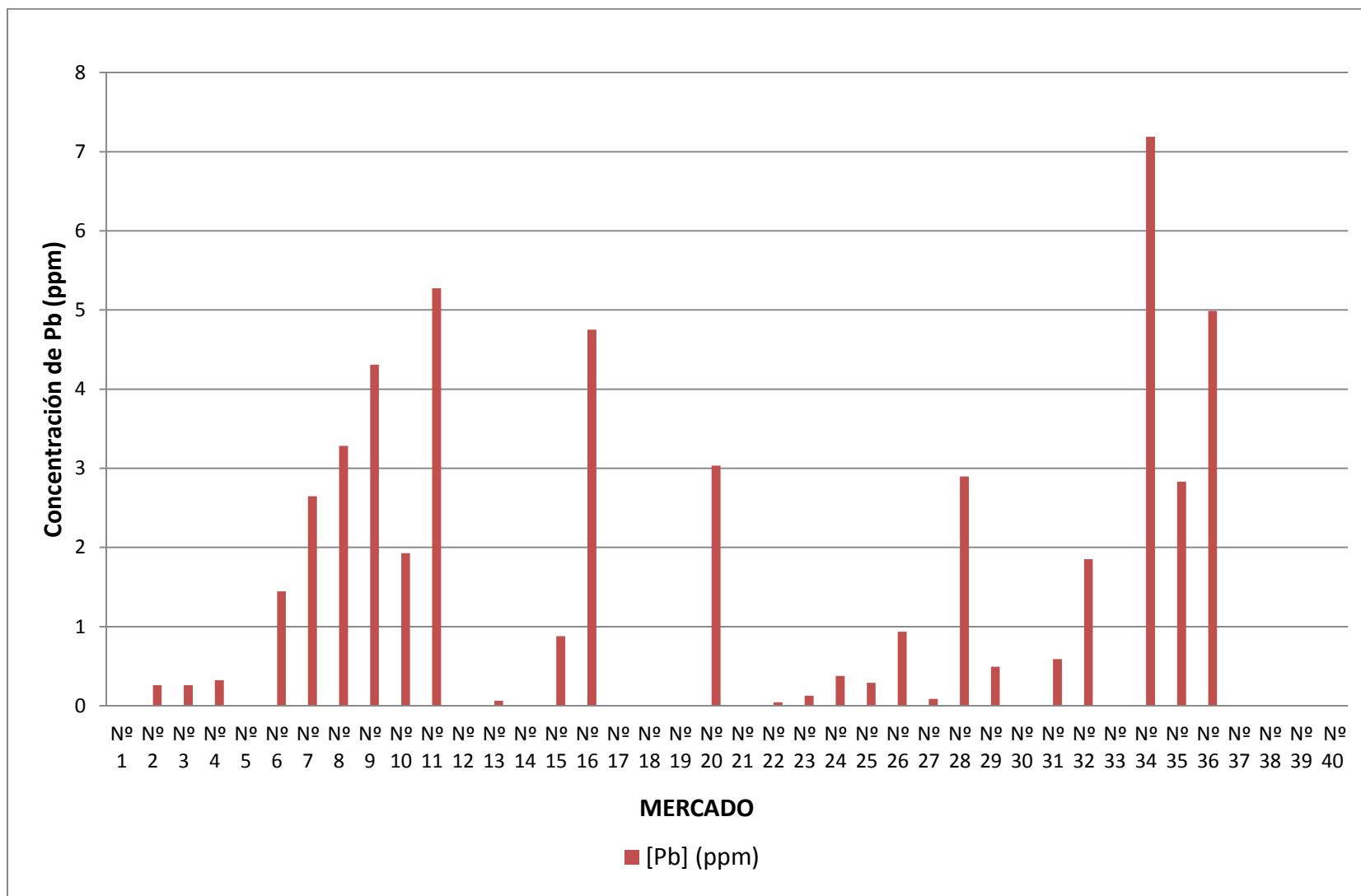


Figura Nº 18. Concentración de Plomo en cada mercado.

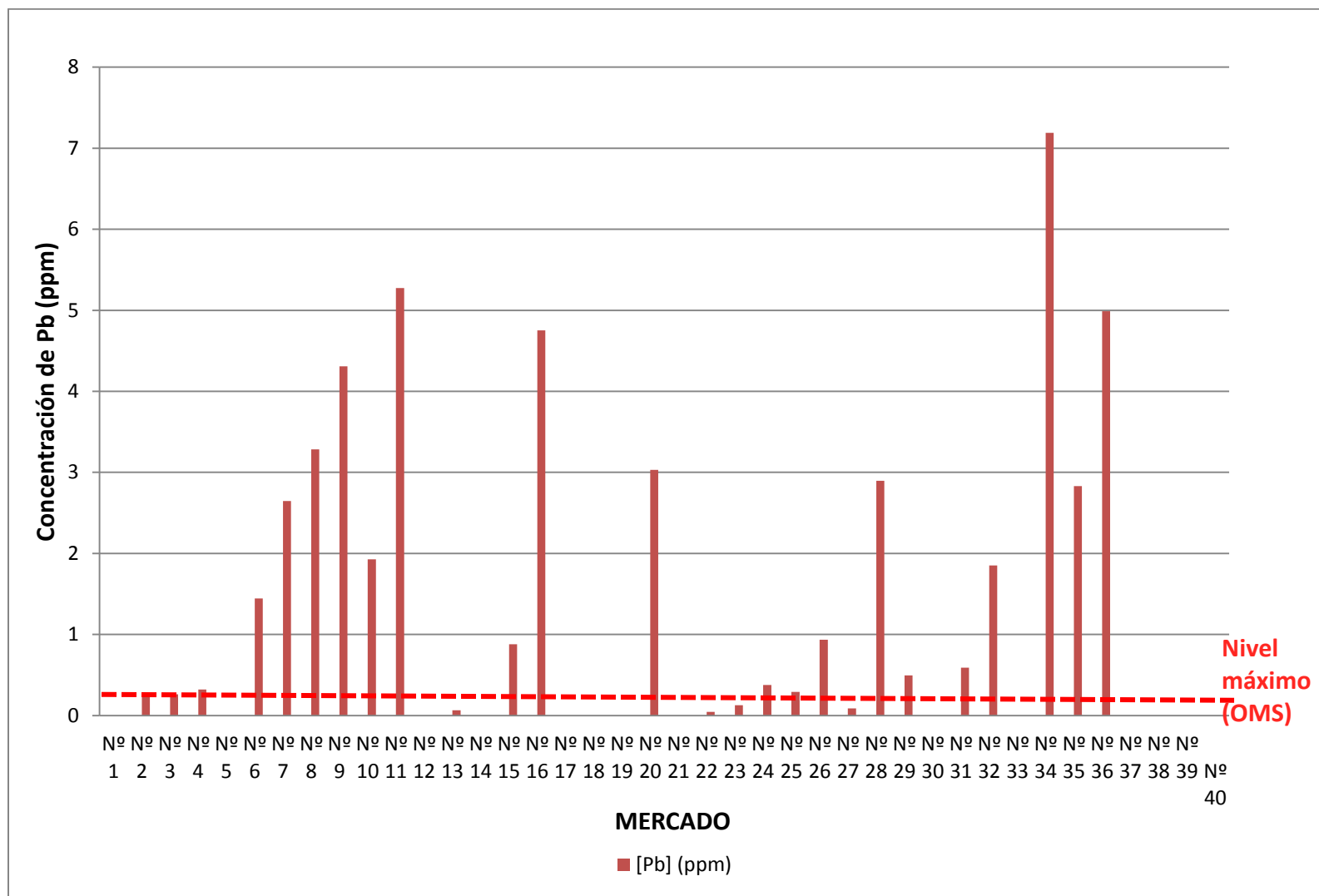


Figura Nº 19. Concentración de Plomo en cada mercado comparado con el Nivel Máximo (OMS).

Tabla N° 9. Determinación estadística de la concentración de Cadmio en lechugas según su origen.

	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Costa	0,066 ppm	0,1166	0	0,4383 ppm
Sierra	0,100 ppm	0,1173	0	0,3691 ppm
Total	0,084 ppm	0,1167	0	0,4383 ppm

De la tabla se aprecia que la media del Cadmio en lechugas de la Costa es 0,066 ppm \pm 0,1166 ppm y la concentración del Cadmio en lechugas de la Sierra es 0,100 ppm \pm 0,1173 ppm, en términos totales la concentración de cadmio en lechugas es 0,084 ppm \pm 0,1167 ppm.

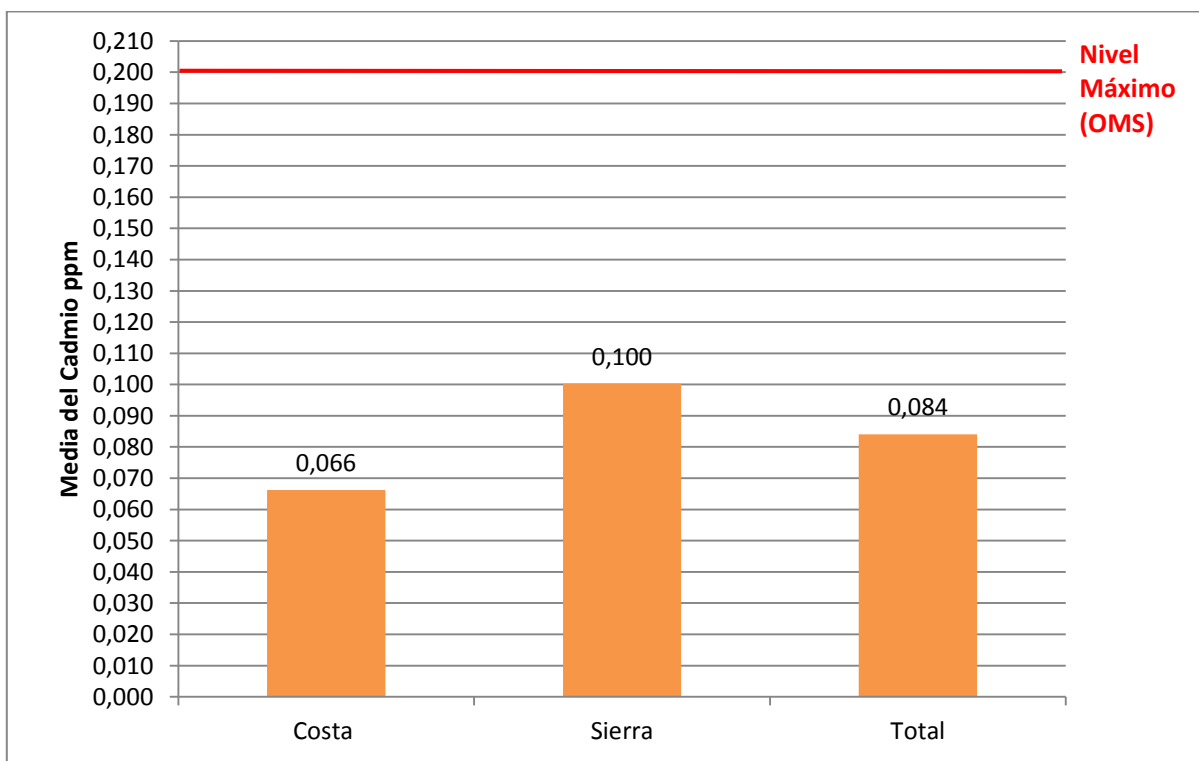


Figura N° 20. Concentración de Cadmio en lechugas según su origen.

Tabla N° 10. Determinación estadística de la Concentración de Plomo en lechugas según su origen.

	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Costa	0,365 ppm	0,974	0	4,309 ppm
Sierra	2,107 ppm	2,099	0	7,190 ppm
Total	1,279 ppm	1,864	0	7,190 ppm

De la tabla se aprecia que la media del Plomo en lechugas de la Costa es 0,365 ppm \pm 0,974 ppm y la concentración del Plomo en lechugas de la Sierra es 2,107 ppm \pm 2,099 ppm, en términos totales la concentración de plomo en lechugas es 1,279 ppm \pm 1,864 ppm.

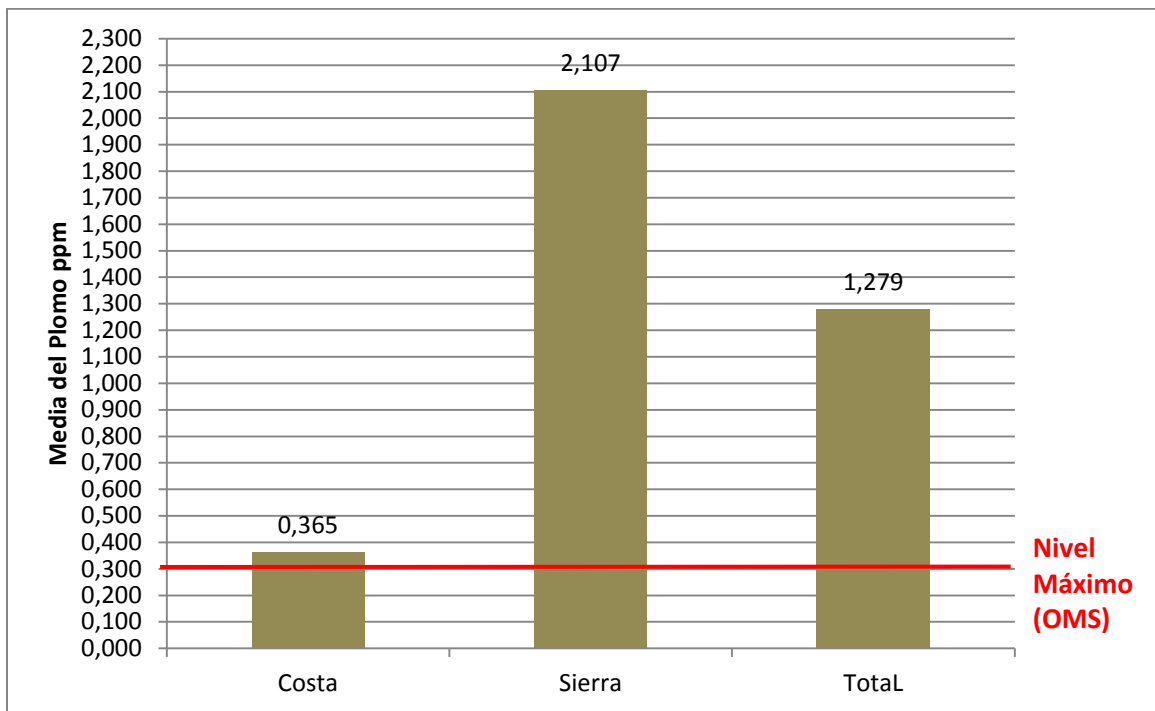


Figura N° 21. Concentración de Plomo en lechugas según su origen.

Tabla N° 11. Comparación de la media estadística de la Concentración de Cadmio según el parámetro internacional (OMS) en lechuga por origen.

	Media+	Desviación típica	T	P
Costa	0,066 ppm	0,2	5	0,000*
Sierra	0,100 ppm	0,2	3,98	0,01*
Total	0,084 ppm	0,2	6,28	0,000*

*P<0,05 significativo, +Prueba t para una muestra

De la tabla se aprecia que la media del cadmio en lechugas de la Costa es menor significativamente $p < 0,05$ al máximo valor permisible (Cd= 0,2 ppm); la media del cadmio en lechugas de la Sierra es menor significativamente $p < 0,05$ al máximo valor permisible y la media del cadmio en lechugas total es menor significativamente $p < 0,05$ al máximo valor permisible.

Tabla N° 12 Comparación de la media estadística de la Concentración de Plomo según el parámetro internacional (OMS) en la lechuga por origen.

	Media+	Desviación típica	T	P
Costa	0,365 ppm	0,3	0,29	0,77
Sierra	2,107 ppm	0,3	3,94	0,001*
Total	1,279 ppm	0,3	3,32	0,002*

*P<0,05 significativo, +Prueba t para una muestra

De la tabla se aprecia que la media del plomo en lechugas de la Costa es igual significativamente $p > 0,05$ al máximo valor permisible (Pb= 0,3 ppm); la media del plomo en lechugas de la Sierra es mayor significativamente $p < 0,05$ al máximo valor permisible la media del plomo en lechugas total es mayor significativamente $p < 0,05$ al máximo valor permisible.

V. DISCUSIÓN

- En el presente estudio se determinó la concentración de Pb y Cd en 40 muestras de lechuga de 20 mercados seleccionados al azar en Lima Metropolitana, se escogió la técnica analítica de absorción atómica por ser altamente sensible y específica.
- En la Figura N° 18, las lechugas recolectadas presentan una media de Cd de 0,084 ppm, con una mínima de 0 ppm y una máxima de 0,438 ppm, el 12,5 % de lechugas supera el Nivel Máximo (OMS, Cd= 0,2 ppm).

Coincide con G. Uzu (Francia, 2009), al obtener un resultado cercano a la media (0,08 ppm) en hojas de lechuga. (96).

En la Tabla N° 9, se indica la media de Cd según su origen, las lechugas de la Costa presentan 0,066 ppm, y las lechugas de la Sierra 0,100 ppm, se observó que ambos valores no sobrepasan los Niveles Máximos, pero ya existen lechugas que acumulan más de 0,2 ppm. Según Beltrán M, el 37,7% de acumulación de Cd en hojas de un suelo contaminado, esta especie puede ser utilizado como fitoextractor. (95).

Se ha comprobado que raíces de la lechuga translocan hacia los brotes la mayor cantidad de Cd absorbido comparado con otras especies lo que la considera como una especie vegetal para el proceso de Fitoextracción. De igual manera, factores de muestreo que pudieron haber influenciado en la respuesta tienen que ver con el uso de hojas más viejas (externas) de la planta que se caracterizan por su mayor capacidad de acumular metales pesados que las hojas jóvenes (internas), debido a la presencia de péptidos que ligan estos metales. Esto hace que la lechuga como otros “cultivos de hoja” sean una vía de entrada de este metal en la dieta. (88), (89), (90), (91), (92).

La lechuga (*var. crispata*) acumula Cd movilizando el Mn de la planta que se obtuvo en la raíz (acumula entre 2.3 a 10.9 veces superior retenido en el follaje), tallos y hojas. Ya existen lechugas que acumulan más de 0,2 ppm, un estudio realizado por S. Papa (Italia, 2001), supera 2.75 veces (1,93 ppm) el Nivel Máximo. (93), (97).

- En la Figura N° 20, las lechugas recolectadas presentan una media de Pb de 1,279 ppm, con una mínima de 0 ppm y una máxima de 7,189 ppm, el 40% de lechugas supera el Nivel Máximo (OMS; Pb= 0,3 ppm).

G. Uzu (Francia, 2009), presenta un resultado cercano al máximo (7,34 ppm) de Pb. (96)

En la Tabla N° 10, se indica la media de Pb según su origen, las lechugas de la Costa presentan 0,365 ppm, y las lechugas de la Sierra 2,107 ppm, se observa tanto en la Costa y Sierra la exposición de este metal, algunas lechugas del estudio acumularon hasta 20 veces el Nivel Máximo.

Según un estudio realizado por S. Papa (Italia, 2009), el Pb hallado supera 1,3 (3,31 ppm) veces el Nivel Máximo. (97).

La lechuga tiene la capacidad de acumular plomo en sus hojas (depende de la edad) cuando es expuesta en diferentes tiempos y concentraciones de plomo, así como morfológicos. El contenido máximo se encuentra en hojas senescentes, capaz de absorber grandes cantidades de Pb de suelos altamente contaminados, debido a sus numerosas raíces delgadas pueden acumular más metales que otras plantas con raíces más gruesas, pero la absorción de plomo por la raíz es pasiva, por lo que la tasa de absorción es bastante baja. Los niveles de plomo en las hojas a menudo se correlacionan con las concentraciones por depositación atmosférica, la cual en hojas puede llegar a ser un 73% a 95% del contenido de Pb total en plantas de hoja. Según Barrera W, la especie estudiada es un buen biomonitor de contaminación, debido a su alta sensibilidad a metales pesados, debido que al aumentar la concentración en suelos,

las longitudes de las raíces disminuyen, hay una clara relación dosis-respuesta. (4), (84), (85), (87), (93), (98).

- En la Figura N° 20 y Figura N° 21, se observan altas concentraciones de Cd y Pb en lechugas de la Sierra, respectivamente, la cual puede deberse a la presencia de yacimientos mineros en estos lugares, el mal manejo de residuos sólidos, cuya consecuencia puede incidir directamente en el agua utilizada para el regado de estos vegetales, la alta movilidad de estos metales, así como su biodisponibilidad en suelos.
- Es necesario mencionar que altas concentraciones de Cd y Pb se hallaron en los distritos de Los Olivos, Independencia, Rímac, Cercado de Lima, Jesús María, Magdalena, Chorrillos, San Juan de Miraflores y Villa María del Triunfo, con esto dejamos claro que el nivel socioeconómico de cada distrito no es un factor de relevancia y de igual manera se encuentra expuesto a metales pesados.

VI. CONCLUSIONES

1. La concentración de Plomo hallada en hojas de lechuga (*Lactuca sativa*) tiene una media de 1,279 ppm.
2. La concentración de Cadmio hallada en hojas de lechuga (*Lactuca sativa*) tiene una media de 0,084 ppm.
3. De la concentración de Plomo hallada en hojas de lechuga el 40% de las lechugas de estudio superan el Nivel Máximo establecido por la OMS (0,3 ppm).
4. De la concentración de Cadmio hallada en hojas de lechuga el 12,5% de las lechugas de estudio superan el Nivel Máximo establecido por la OMS (0,2 ppm).

VII. RECOMENDACIONES

- ▶ Realizar estudios similares que determinen la presencia de metales pesados en hortalizas, frutos, lácteos, mariscos, entre otros, que tienen importancia en la dieta diaria, así como en suelos, agua y aire como factores determinantes de la presencia de estos contaminantes en los alimentos con el fin de monitorear los niveles de concentraciones de estos.
- ▶ Es necesario dar a conocer a las autoridades competentes estos resultados para que se pueda implementar un sistema de seguridad alimentaria, e implementen niveles de control de metales pesados en alimentos, y que estos puedan servir para hacer un mejor seguimiento de estas actividades agrícolas.
- ▶ Es necesario dar a conocer a la población el impacto que puede conllevar el sobreconsumo de hortalizas contaminadas y la repercusión que se da a largo plazo.
- ▶ Realizar estudios sobre las fuentes de contaminación de zonas agrícolas, de modo que sea posible realizar estudios retrospectivos acerca del origen, y extrapolar los resultados para realizar una evaluación del riesgo de estos contaminantes.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Food Agriculture Organization (FAO). Cumbre Mundial sobre la Alimentación, Depósito de Documentos de la FAO. 1996.
2. De Zeeuw H. Urban and periurban agriculture. Health and Environment. Discussion paper for FAOETC/ RUAF electronic conference “Urban and Periurban Agriculture on the Policy Agenda”, FAO, Roma. 2000.
3. Acevedo E, Carrasco M, León O, Martínez E, Silva E, Castillo G. Criterios de calidad de suelo agrícola. Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura (SAG), Santiago. 2005.
4. Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London. 2002.
5. Gordón A. Propuesta de mejoramiento de manejo poscosecha en hortalizas producidas en un sistema campesino asociativo. Quito: Escuela Politécnica Nacional. 2010.
6. Reyes Y, Vergara I, Torres O, González E. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Rev Ing, Inv y Desarr. Bogotá. 2016; 16(2): 66-77.
7. Miranda D, Carranza C, Rojas C, Jerez C, Fischer G, Zurita J. Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá. Rev Colombiana de Ciencias Hortícolas. Colombia. 2008, 2(2): 180-191.
8. Liva C, Alleyne S, Guillen T, Collazo O, Jiménez J. Procedimiento analítico para la determinación de metales pesados en zanahoria y espinaca cultivadas en organopónicos urbanos. Rev Cie Téc Agr. Cuba. 2013; 22(1): 20 – 26.

9. Juarez H. Concentración del Rio Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de Lima Metropolitana [Tesis de postgrado]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2006.
10. Arnous O, Hassan A. Heavy metals risk assessment in water and bottom sediments of the eastern part of Lake Manzala, Egypt, based on remote sensing and GIS. *Arabian Journal of Geosciences*. 2015; 8(10): 7899-7918.
11. Vallejo A, Estrada E. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 2004: 347p.
12. Granval N, Graviola J. Manual de producción de semillas hortícolas. Asociación Cooperadora de la Estación Experimental Agropecuaria La Consulta, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 1991; 82 p.
13. Whitaker T, Ryder E. La lechuga y su producción. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, Servicio de Investigaciones Agrícolas, Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional, México. 1964; 53 p.
14. Mondoñedo J. Manuales para la educación agropecuaria. Área: Producción vegetal 15, Editorial SEP/Trillas, México, 1987.
15. Osorio J, Lobo M. Hortalizas. Manual de asistencia técnica No. 28. Instituto Colombiano Agropecuario. Colombia. 1983.
16. Valadez A. Producción de hortalizas. México, Noriega Editores. 1997; 298 p.
17. Leslie H, Pollard L. Vegetable and Flower Seed Production. New York and Toronto, Blakiston. 1954.
18. Moreiras Y Col. Tablas de Composición de Alimentos (LECHUGA). Ediciones Pirámide. Madrid. 2013.
19. Alzate J, Loaiza L. Monografía del cultivo de la lechuga. Colinagro. 2008; 37 p.

20. Ryder E. Physiology of germination, growth and development. En: Lettuce, endive and chicory. Crop production science in horticulture. Nueva York, Cabi Publishing. 1998: 54-78.
21. Wiley R. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Zaragoza, Acribia. 1997; 362 p.
22. López H. Principios básicos de la poscosecha de frutas y hortalizas. FAO. Santiago. 1992; 306 p.
23. Hansen H. Producción, manejo y exportación de frutas tropicales y hortalizas de América Latina. San José, Costa Rica, Mundi-prensa. 1992; 112 p.
24. Namesny A. Post-recolección de hortalizas. Vol. I. Reus, Editorial de Horticultura. 1993. 330 p.
25. García, I, Dorronsoro C. Contaminación por metales pesados. En: Tecnología de suelos. Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Granada, Granada, España. 2005.
26. Manahan S. Environmental Chemistry, 6ª Edition, Lewis Publisher. USA. 1994.
27. Pagnanelli F, Moscardini E, Giuliano V, Toro, L. Sequential Extraction of Heavy Metals in River Sediments of an Abandoned Pyrite Mining Area: Pollution Detection and Affinity Series. Environmental Pollution. 2004; 132:189-201.
28. Giuffré L, Ratto S, Marbán L, Schonwald J, Romaniuk R. Riesgo por metales pesados en horticultura urbana. Ciencia del Suelo. 2005; 23(1), 101-106.
29. Han F, Banin A, Kingery W, Triplett B, Zhou L. New Approach to Studies of Heavy Metal Redistribution in Soil. Advances in Environmental Research. 2003; (8): 113-120.

30. Bonilla S. Estudio para tratamientos de Biorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando método de Fitorremediación. [Tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental]. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. 2013.
31. Yaron B, Calvet R, Prost R. Soil Pollution, Processes and Dynamics. Berlin, Springer. 1996: 313.
32. Farkas A, Erratico C, Viganó L. Assessment of the environmental significance of heavy metal pollution in surficial sediments of the River Po. Chemosphere. 2007; 68: 761-768.
33. Rodríguez M, Martínez N, Romero M. , Del Río L, Sandalio M. Toxicología del cadmio en plantas. Rev. Cientif y Tecn de Ecol y Med Am. 2008.
34. Vélez A. Rojas M. Borrero R, Restrepo M. Toxicología clínica.: Corporación para Investigaciones Biológicas. Colombia; 1: 2010.
35. Pernia B, De Sousa A, Castrillo M. Bioindicadores de contaminación por cadmio en las plantas. Interciencia. Caracas. 2008; 33(2): 112-119.
36. Ramirez A. Toxicología del Cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental y ocupacional con indicadores biológicos. Anales de la Facultad de Medicina. Lima. 2002; 63(1).
37. International Agency For Research On Cancer (IARC). Beryllium, Cadmium, Mercury, and Exposures in the Glass Manufacturing Industry. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1993; (58): 8-12.
38. Gallagher C, Moonga B, Kovach J. Cadmium, follicle-stimulating hormone, and effects on bone in women age 42-60 years, NHANES III. Environmental Research. 2010; 110, pp: 105-111.
39. Schute R, Nawrot T, Richard T, Thijs L, Vanderschueren D. Bone resorption and environmental exposure to cadmium in women: a population study. Environmental Health Perspectives. 2008. 116, pp: 777-783.

40. Ministerio de Salud - Direccion Regional de Salud de las Personas. Guia de Practica Clinica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicacion por Cadmio (R.M N° 757-2013/MINSA). Estrategia Sanitaria Nacional de Vigilancia y Control de Riesgos por Contaminación con Metales Pesados y Otras sustancias Químicas – Lima. 2015.
41. Alloway B, Steinnes E. Anthropogenic additions of cadmium to soils. In: Cadmium in soils and plants. Kluwer Academic Publishers. 1999; 97-123.
42. Madeddu R. Estudio de la influencia del Cadmio sobre el medioambiente y el organismo humano: Perspectivas experimentales, epidemiológicas y morfofuncionales en el hombre y en los animales de experimentación. [Tesis para optar al grado de Doctor Europeo en Medicina y Cirugía]. Universidad de Granada. Facultad de Medicina. España. 2005.
43. Khanz A. Química Clínica moderna. Ed. Panamericana. 7 Ed. México. 1986.
44. Montenegro R. Contaminación química de suelos y cultivos. Estrategias para la productividad de los suelos agrícolas. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Capitulo Tolima, Bogotá. 2002.
45. Corey O, Galvao G. Cadmio. Serie Vigilancia 1 OPS/OMS. México. 1987.
46. Albert A. Introducción a la Toxicología Ambiental. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. México. 1997.
47. Kabata-Pendias A, Pendias H. Trace Elements in Soils and Plants, 2° Edition, CRC Press. 1992.
48. Norwell W, Wu J, Hopkins D, Welch R. Association of cadmium in durum wheat grain with soil chlorine and chelate-extractable soil cadmium. Soil Science Society of America Journal. 2000; 64(2):162-2168.
49. Christensen T, Haung P. Solid phase cadmium and the reactions of aqueous cadmium with soil surfaces. Cadmium in Soils and Plants (eds. McLaughlin, M.J. y

- Singh, B.R.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 1999: 65-96 p.
50. Prince W, Kumar S, Doberschütz K, Subburam V. Cadmium toxicity in mulberry plants with special reference to the nutritional quality of leaves. *Journal of Plant Nutrition*. 2002; (25):689-700.
 51. Food and Drug Administration (FDA). Total diet study statistics on elemental results. Market baskets 2006-1 through 2008-4. College Park, MD: U.S. Food and Drug Administration. 2010.
 52. FAO/OMS. Codex Alimentarius. Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. CODEX STAN 193-1995. Modificado en 2016; 40-46.
 53. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Contaminants in Foods. Working document for information and use in discussions related to contaminants and toxins in the gsctff. cf/11 inf/1. 11th session. Modified 2017; 13-29.
 54. European Food Safety Authority (EFSA). Cadmium in food. *The EFSA Journal*. 2009; (980):1-139.
 55. Ministerio del Ambiente (MINAM). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. DS-N°015- 2015- MINAM. 2015.
 56. Ministerio del Ambiente (MINAM). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. DS-N°002-2013-MINAM. 2013.
 57. Scalón J. Umbilical cord blood lead concentration. Relationship to urban or suburban residency, during gestation. *American Journal of Diseases of Children*. 1999; (121): 325-326.

58. Swaran J, Govinder F, Geetu S. Environmental occurrence, health effects and management of lead poisoning. Lead chemistry, analytical aspects, environmental impact and health effects. Elsevier, U.K. 2006: 158-228.
59. Bradl H. Heavy metals in the environment. Elsevier Academic Press, Netherlands. 2005. 283p.
60. Gisbert J. Medicina legal y Toxicología Barcelona. Masson Editores. 2001.
61. Sanin H. Acumulación de plomo en huesos y sus efectos para la salud. Salud Pública Méx. 1998; 40: 359-368.
62. Valdivia M. Intoxicación por plomo. Rev. Soc. Per. Med. Inter. Peru. 2005,18 (1): 22-27.
63. Bilotta M, Merodo P, Godoy A. Exposición a la contaminación con plomo en taller de ensamble de baterías. Ciencia y trabajo. Buenos Aires. 2013: 15 (48): 158-164.
64. Khalil N, Wilson W, Talbott E, Morrow L, Hochberg M, Hillier T et al. Association of blood lead concentrations with mortality in older women: a prospective cohort study. Environ Health. 2009; (8):15.
65. Garza A, Chavez H, Vega R, Soto E. Mecanismos celulares y moleculares de la neurotoxicidad por plomo Revista Salud Mental 2005 28(2): 48-58.
66. Environment Protection Authority (EPA). Standards of performance for secondary lead smelters. U.S. Environmental Protection Agency. Code of Federal Regulations. 40 CFR 60; Subpart L. 1977.
67. Olivares R. In Almendares River Sediments-Havana City, Cuba. Water Res. 2005; (39): 3945-3953.
68. Environment Protection Authority (EPA). Exposure and risk assessment for lead. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water

- Regulations and Standards, Monitoring and Data Support Division. EPA440485010, PB85220606. 1982.
69. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Resúmenes de Salud Pública – Plomo (Lead). 2006.
 70. Environment Protection Authority (EPA). Air quality criteria for lead. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office. EPA600883028F. 1986.
 71. Bradley S, Cox J. The potential availability of cadmium, copper, iron, lead, manganese, nickel, and zinc in standard river sediment (NBS 1645). Environ Technol Lett. 1988; (9):733-739.
 72. Zandstra B, De Kryger T. Arsenic and lead residues in carrots from foliar applications of monosodium methanearsonate (msma): a comparison between mineral and organic soils, or from soil residues. Food Addit Contamin 2007; 24: 34-42.
 73. Mafla E Determinación de cromo, plomo y arsénico en aguas del canal de riego Latacunga – Salcedo - Ambato y evaluación de la transferencia de dichos metales a hortalizas cultivadas en la zona; mediante espectrofotometría de absorción atómica. Tesis para optar por el título profesional de Magister en Química Analítica. Instituto de Investigación y Posgrados. Quito: UCE. 2015. 199 p.
 74. Hettiarachchi G, Pierzynski G. In situ stabilization of soil lead using phosphorus and manganese oxide: influence of plant growth. J Environ Qual. 2002; 31(2): 564-72.
 75. García D. Efectos fisiológicos y compartimentación radicular en plantas de Zea Mays L. expuestas a la toxicidad del plomo. [Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias Biológicas]. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de ciencias. 2006.

76. Ghani A, Ullah A, Akhtar U. Effect of lead toxicity on growth, chlorophyll + and lead (Pb) contents of two varieties of maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Nutrition*. 2010; (9): 887-891.
77. Seregin I, Ivanov V. Histochemical investigation of cadmium and lead distribution in plants. *Fiziologiya Rastenii*. 1997; (44): 915-921.
78. Bautista F. Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados. Universidad Autónoma de Yucatán, México. 1999: 22-35.
79. Howard J, Sova J. Sequential extraction analysis of lead in Michigan roadside soils: Mobilization in the vadose zone by deicing salts. *Journal of Soil Contamination*. 1993; 2: 361-378.
80. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Censo 2017; 12.
81. Skoog D, Holler F, Stanley R. Principios de Análisis Instrumental. México. Edamsa Impresiones. 2008.
82. Cameán A, Repetto M. Toxicología Alimentaria. Vol. 1. Ed. 1. Madrid – Buenos Aires: Ediciones Díaz de Santos. 2006.
83. Malavolta E. Nutrición mineral das plantas, Editorial UFV, Brasil. 2006; 415 pp.
84. Moreno M. Acumulación de Plomo en *Lactuca sativa* expuesta a diferentes tiempos y concentraciones de acetato de plomo en condiciones de laboratorio. [Tesis para obtener el título de Biólogo]. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de ciencias biológicas. 2013.
85. Godzik B. Heavy metal contents in plants from zinc drums and reference área. *Pol. Bot. Stud*. 1993; (5):113-132.
86. Schierup, H, Larsen V. Macrophyte cycling of Zn, Cu, Pb and Cd in the littoral zone of a polluted and non-polluted lake. I. Availability, uptake and translocation of

- heavy metals in *Phragmites australis* (Cav.). *Trin. Aquatic Bot.* 1981; (11): 179-210.
87. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. 3rd Edition. CRC Press, Boca Raton. USA. 2000. 413p.
 88. Jarvis S, Jones L, Hopper M. Cadmium uptake from solution by plants and its transport from roots to shoots. *Plant Soil.* 1976; (44), 179-191.
 89. Das, P, Smarantay S, Rout G. Studies in Cd toxicity in plants: A review. *Environ. Pollution.* 1998; (98): 29-36.
 90. Vogeli-Lange R, Wagner G. Subcellular localization of cadmium-binding peptides in tobacco leaves. *Plant Physiol.* 1990. (92): 1086-1093.
 91. Gárate A, Ramos I, Lucena J. Efecto del cadmio sobre la absorción distribución de manganeso en distintas variedades de Lactuca. *Suelo y planta.* Universidad Autónoma. España. 1992.
 92. Cordero Y, Guridi F. Uso del ácido etilendiaminotetraacético para evaluar la biodisponibilidad de metales pesados en lechuga. *Avances en investigación agropecuaria.* Cuba. 2009, 13(3): 33-46.
 93. Kabata-Pendias A, Mukherjee A. Trace elements from soil to human. Editor. Springer. 2007; 550 p.
 94. Magno C. Lima Provincias: distrito o subdistrito electoral?. Cuestiones de la Polis. 27 Abril 2009 [citado 21 Julio 2017] En: Blog de Carlo Magno Salcedo Cuadros [Internet]. Disponible en: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/carlomagnosalcedo/2009/04/27/lima-provincias-distrito-o-subdistrito-electoral/>
 95. Beltrán M. Fitoextracción en suelos contaminados usando especies vegetales. [Tesis de postgrado] México: Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Básicas e Ingeniería. 2001.

96. Uzu G, Sarret G, Bonnard R, Sobanska S, Probst A, et al.. Absorption foliaire des métaux présents dans des particules atmosphériques issues d'une usine de recyclage de batteries : biotest laitue. 2. Rencontres nationales de la recherche sur les sites et sols pollués. ADEME Editions. Angers. France. 2009.
97. Papa S, Cerullo L, Di Monaco A, Bartoli G, Firetto A. Trace elements in fruit and vegetable. Environmental quality. Italy. 2009, (2): 79-83.
98. Barrera W. Efectos fitotóxicos de mercurio (Hg), cadmio (Cd), plomo (Pb), arsénico (As) y cobre (Cu), sobre el crecimiento radicular de lechuga (*Lactuca sativa*), para fines de biomonitorio en cuerpos de agua. [Tesis de Pregrado]. Perú: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Facultad de Agronomía. 2013.

ANEXOS



INFORME DE ENSAYO
N° 159-2017

Cliente : SRTA. FRESCIA MADUEÑA VENTURA
Referencia USAQ : 077-01/09 078-01/10 081-01/04 102-01/17
Muestras : LECHUGAS (LACTUCA SATIVA)
Nombre de Tesis : "Determinación de Metales Pesados (Plomo y Cadmio) en Lechuga (Lactuca Sativa) en mercados del Cono Norte, Centro y Sur de Lima Metropolitana"
Cotización : 099-119-120-121-2017/USAQ-FQIQ
Fecha de Recepción : 18/04/2017
Fecha de Emisión : 28/04/2017

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (ppb)
077-01	MUESTRA N° 1 MERCADO TRES REGIONES PUENTE PIEDRA	CADMIO PLOMO	N.D. N.D.
077-02	MUESTRA N° 2 MERCADO HUAMANTANGA PUENTE PIEDRA	CADMIO PLOMO	16,27 260,63
077-03	MUESTRA N° 3 MERCADO AÑO NUEVO COMAS	CADMIO PLOMO	18,72 261,36
077-04	MUESTRA N° 4 MERCADO 2 DE JULIO COMAS	CADMIO PLOMO	N.D. 323,32

Muestra Proporcionados por el Cliente.

IE-159-2017 FRESCIA MADUEÑA VENTURA (Página 1 de 1)



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (ppb)
077-05	MUESTRA N° 5 MERCADO NARANJAL SAN MARTIN DE PORRES	CADMIO PLOMO	N.D. N.D.
077-06	MUESTRA N° 6 MERCADO VIRGEN DE FATIMA SAN MARTIN DE PORRES	CADMIO PLOMO	N.D. 1446,93
077-07	MUESTRA N° 9 MERCADO VIRGEN DEL CARMEN INDEPENDENCIA	CADMIO PLOMO	438,34 4309,18
077-08	MUESTRA N° 10 MERCADO LOS INCAS INDEPENDENCIA	CADMIO PLOMO	90,64 1928,22
077-09	MUESTRA N° 12 MECADO CAQUETA RIMAC	CADMIO PLOMO	152,80 N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-159-2017 FRESCIA MADUENO VENTURA (Página 2 de 2)



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (ppb)
078-01	MUESTRA N° 31 MERCADO LA PARADITA CHORRILLOS	CADMIO PLOMO	N.D. 591,03
078-02	MUESTRA N° 32 MERCADO SANTA ROSA CHORRILLOS	CADMIO PLOMO	163,20 1853,11
078-03	MUESTRA N° 33 MERCADO CIUDAD DE DIOS SAN JUAN DE MIRAFLORES	CADMIO PLOMO	142,60 N.D.
078-04	MUESTRA N° 34 MERCADO MODELO SAN JUAN DE MIRAFLORES	CADMIO PLOMO	54,64 7189,86
078-05	MUESTRA N° 35 MERCADO LAS CONCHITAS VILLA MARIA DEL TRIUNFO	CADMIO PLOMO	176,14 2832,05
078-06	MUESTRA N° 36 MERCADO N°2 VILLA MARIA DEL TRIUNFO	CADMIO PLOMO	369,11 4987,10

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-159-2017 FRESCIA MADUENO VENTURA (Página 3 de 3)



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (ppb)
078-07	MUESTRA N° 37 MERCADO MENSAJERO DE LA PAZ VILLA EL SALVADOR	CADMIO PLOMO	82,68 N.D.
078-08	MUESTRA N° 38 MERCADO JUAN VELAZCO ALVARADO VILLA EL SALVADOR	CADMIO PLOMO	N.D. N.D.
078-09	MUESTRA N° 39 MERCADO VIRGEN DE LAS MERCEDES LURIN	CADMIO PLOMO	N.D. N.D.
078-10	MUESTRA N° 40 MERCADO SAN PABLO LURIN	CADMIO PLOMO	271,24 N.D.

IE-159-2017 FRESCIA MADUENO VENTURA (Página 4 de 4)



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (ppb)
081-01	MUESTRA N° 11 MERCADO CHIRA RIMAC	CADMIO PLOMO	330,99 5273,10
081-02	MUESTRA N° 13 MERCADO LA PARADA LA VICTORIA	CADMIO PLOMO	N.D. 64,10
081-03	MUESTRA N° 14 MERCADO 3 DE FEBRERO LA VICTORIA	CADMIO PLOMO	N.D. N.D.
081-04	MUESTRA N° 19 MERCADO JESÚS MARÍA JESÚS MARÍA	CADMIO PLOMO	18,86 N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-159-2017 FRESCIA MADUENO VENTURA (Página 5 de 5)



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (ppb)
102-01	MUESTRA N° 7 MERCADO EL OLIVAR LOS OLIVOS	CADMIO PLOMO	188,88 2647,77
102-02	MUESTRA N° 8 MERCADO DE PRODUCTORES LOS OLIVOS	CADMIO PLOMO	39,05 3283,24
102-03	MUESTRA N° 16 MERCADO VENEZUELA CERCADO DE LIMA	CADMIO PLOMO	125,72 4753,73
102-04	MUESTRA N° 17 MERCADO NUEVO MILENIO BREÑA	CADMIO PLOMO	46,32 N.D.
102-05	MUESTRA N° 27 MERCADO EL BOLIVAR PUEBLO LIBRE	CADMIO PLOMO	3,03 88,16
102-06	MUESTRA N° 28 MERCADO SIMÓN BOLIVAR PUEBLO LIBRE	CADMIO PLOMO	194,32 2897,02

IE-159-2017 FRESCIA MADUEÑO VENTURA (Página 6 de 6)



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (ppb)
102-07	MUESTRA N° 24 MERCADO MODELO LINCE	CADMIO PLOMO	50,24 376,56
102-08	MUESTRA N° 15 MERCADO LA AURORA CERCADO DE LIMA	CADMIO PLOMO	N.D. 880,85
102-09	MUESTRA N° 23 MERCADO LOBATON LINCE	CADMIO PLOMO	287,60 128,67
102-10	MUESTRA N° 18 MERCADO LAS FLORES BREÑA	CADMIO PLOMO	N.D. N.D.
102-11	MUESTRA N° 20 MERCADO SAN JOSE JESÚS MARÍA	CADMIO PLOMO	N.D. 3032,07
102-12	MUESTRA N° 21 MERCADO N° 2 BARRANCO	CADMIO PLOMO	12,38 N.D.
102-13	MUESTRA N° 22 MERCADO N° 2 ANEXO BARRANCO	CADMIO PLOMO	N.D. 44,95

IE-159-2017 FRESCIA MADUEÑO VENTURA (Página 7 de 7)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (ppb)
102-14	MUESTRA N° 26 MERCADO DE MAGDALENA MAGDALENA DEL MAR	CADMIO PLOMO	N.D. 936,11
102-15	MUESTRA N° 25 MERCADO MUNICIPAL MAGDALENA DEL MAR	CADMIO PLOMO	45,51 291,34
102-16	MUESTRA N° 29 MERCADO MODELO SAN MIGUEL	CADMIO PLOMO	N.D. 494,60
102-17	MUESTRA N° 30 MERCADO SAN JOSÉ SAN MIGUEL	CADMIO PLOMO	43,65 N.D

Muestra Proporcionada por el Cliente.

N.D. = NO DETECTABLE

Límite de Detección: Cadmio = 1ppb Plomo = 4ppb

Método:

Determinación de Metales por Absorción Atómica con Horno de Grafito GFAAS USAQ-ME-15

Quím. María Angélica Rodríguez Best
Directora de la USAQ
CQP: 597

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o enmienda en el contenido presente informe lo anula automáticamente.

Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendarios de **entregado el Informe de Ensayo**, pasado ese tiempo no se aceptan reclamos ni devoluciones y la **muestra pasará automáticamente al proceso de desechos**.

IE-159-2017 FRESCIA MADUEÑO VENTURA(Página 8 d